

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 1983

Herausgegeben von
Hans-Joachim Kanold



VERLAG ERICH GOLTZE GMBH & CO. KG · GÖTTINGEN
1983

**Das vorliegende Jahrbuch ist beim Verlag und beim Buchhandel erhältlich.
Preis DM 20,—**

**Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen**

**BWG 3300 Braunschweig
Fallersleber-Tor-Wall 16, Postfach 3329, Telefon (05 31) 3 91–45 96**

**Alle Rechte vorbehalten von
Verlag Erich Goltze GmbH & Co. KG, 3400 Göttingen
1983**

Gesamtherstellung: Erich Goltze GmbH & Co. KG, 3400 Göttingen

Printed in the Federal Republic of Germany

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	7
Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG)	9
Satzung der BWG	11
Plenarversammlungen	15
Klassensitzungen	17
Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte	23
Öffentliche Veranstaltungen	25
Feierliche Jahresversammlung 1983	73
Veröffentlichungen	101
Geschäftliche Mitteilungen	101
Personalia	102
Todesfälle	102
Zuwahlen	103
Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille	113
Mitgliederverzeichnis	117

Vorwort

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hatte vor einigen Jahren damit begonnen, neben der Veröffentlichung ihrer aus wissenschaftlichen Originalbeiträgen bestehenden „Abhandlungen“ auch noch jährlich zweimal „Sitzungsberichte und Mitteilungen“ in einfacher Form zu publizieren. Diese sollten in erster Linie dazu dienen, die Mitglieder der Gesellschaft über deren Aktivitäten zu informieren und darüber hinaus personelle Veränderungen und wichtige administrative Vorgänge bekannt zu machen. Da in diesem Rahmen teils in Zusammenfassungen, zum Teil aber auch ausführlich über wissenschaftliche Vorgänge und Diskussionen berichtet wurde, entwickelte sich auch über den Kreis der Mitglieder hinaus ein lebhaftes Interesse an dieser Publikationsreihe. Um dem darin zum Ausdruck kommenden Bedürfnis zu entsprechen, wird die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft beginnend mit dem Jahr 1983 anstelle der „Sitzungsberichte und Mitteilungen“ ein Jahrbuch veröffentlichen, das insbesondere über die wissenschaftlichen Aktivitäten der Gesellschaft, aber auch über Personalien und institutionelle Fragen in ansprechender Aufmachung berichten wird. Es soll nicht nur den Mitgliedern der Gesellschaft, sondern auch Außenstehenden als laufendes Nachschlagewerk über die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft dienen.

Braunschweig, im Dezember 1983

Prof. Dr. rer. nat. K. H. Olsen
Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft wurde im Jahre 1944 durch einen Erlaß des Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung errichtet. Mit ihr sollte eine wissenschaftliche Institution geschaffen werden, die anregend auf die wissenschaftlichen Aktivitäten im Braunschweiger Hochschulraum wirken und dabei besonders auch fachübergreifende Beziehungen zwischen allen Wissenschafts- und Lebensbereichen herstellen und fördern sollte. Obwohl als eine selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium und Senat) angelegt, war sie faktisch jedoch ein Glied der Technischen Hochschule Braunschweig, deren jeweiliger Rektor ex officio für die Dauer seines Rektorats auch Präsident der Gesellschaft war, und der, durch den Senat lediglich beraten, ziemlich weitgehende Befugnisse besaß.

Die Gesellschaft wurde durch erste Berufungen von Mitgliedern sodann im September 1944 ins Leben gerufen und mit einer feierlichen öffentlichen Veranstaltung inauguriert. Besondere Aktivitäten konnte sie jedoch in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand indessen auch nach dem Kriege unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort, jedoch wurden alsbald auch Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei von vornherein die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde, die im Kern durch Selbstergänzung, begrenzte Platzzahl und Gliederung in Fachbereiche ja bereits vorhanden war.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt, und 1949 erschien der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Und im gleichen Jahre wurde von ihr erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille verliehen. 1953 wurde der Gesellschaft schließlich der Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts verliehen und ihr mit dem Errichtungserlaß des Niedersächsischen Landesministeriums zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich noch Teile der ehemaligen Satzung erhalten geblieben waren. Erst 1971 erhielt die Gesellschaft ihre heute gültige Satzung, die sie im Geiste einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt auszufüllen bestrebt ist. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt, und eine Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte hat eine auf Dauer angelegte Forschungstätigkeit aufgenommen. Bisher sind 35 Bände der „Abhandlungen“ sowie als Vorläufer dieses Jahrbuches 15 Hefte und 6 Sonderhefte der „Sitzungsberichte und Mitteilungen“ publiziert worden. Die Carl-Friedrich-Gauß-Medaille wurde bisher 37 mal an hervorragende Gelehrte des In- und Auslandes verliehen.

Satzung

§ 1

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

§ 2

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

§ 3

Die Gesellschaft hat vier Klassen:

- die Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik,
- die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
- die Klasse für Bauwissenschaften,
- die Klasse für Geisteswissenschaften.

§ 4

- (1) Die Gesellschaft besteht aus Ordentlichen und Korrespondierenden Mitgliedern.
- (2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeiten verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der Ordentlichen Mitglieder beträgt:

- 30 für die Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik,
- 30 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
- 30 für die Klasse für Bauwissenschaften,
- 20 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

Hierin werden die Ordentlichen Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, nicht eingerechnet.

- (3) Zu Korrespondierenden Mitgliedern können, ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz, verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der Korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines Korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von Ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muß angenommen werden, daß sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vorschlag ihrer Klasse kann durch den Verwaltungsausschuß die Mitgliedschaft in die eines Korrespondierenden Mitgliedes umgewandelt werden.

§ 5

(1) Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei Ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(2) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten verzichtet werden.

(3) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

§ 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die Ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste, die von einem Ordentlichen Mitglied eingeführt sind, einladen.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die Korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

§ 7

Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft öffentliche Vorträge.

§ 8

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“ heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

§ 9

Die Gesellschaft verleiht in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille“. Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gauß-Medaille.

§ 10

- (1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten. Er beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme, führt den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Klassenvorsitzenden.
- (2) Der Präsident wird aus dem Kreis der Ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer, Wiederwahl ist zulässig.
- (3) Die Stellvertretung des Präsidenten übernimmt als Vizepräsident der turnusmäßige älteste Klassenvorsitzende.

§ 11

- (1) Die Leitung der Klassen obliegen den Klassenvorsitzenden; § 19 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.
- (2) Die Ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung den Klassenvorsitzenden so, daß jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer, Wiederwahl ist zulässig.
- (3) Die Klassenvorsitzenden betrauen mit ihrer Vertretung von Fall zu Fall ein Ordentliches Mitglied der Klasse.

§ 12

- (1) Dem Generalsekretär obliegen die Geschäftsführung, die Veranstaltung öffentlicher Vorträge und die Herausgabe der Abhandlungen der Gesellschaft.
- (2) Der Generalsekretär muß seinen Wohnsitz in Braunschweig oder im näheren Umkreis von Braunschweig haben. Er wird aus dem Kreis der Ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer, Wiederwahl ist zulässig. In dem Jahr, in dem der Präsident neu gewählt wird, soll ein Wechsel im Amt des Generalsekretärs nicht stattfinden.

§ 13

Der Präsident, die Klassenvorsitzenden und der Generalsekretär bilden den Verwaltungsausschuß. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlußfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident kann zu Beratungen des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt, hinzuziehen.

§ 14

- (1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.
- (2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.
- (3) Die Jahresrechnung und die ordnungsgemäße Verwendung der Mittel durch die Gesellschaft unterliegen der Prüfung durch den Landesrechnungshof oder das von ihm beauftragte Rechnungsamt. Als dann hat das Plenum über die Entlastung des Verwaltungsausschusses zu beschließen.

§ 15

Das Plenum beschließt ferner über die Geschäftsordnung, Druckschriftenordnung, Bestimmungen über die Verleihung der Gauß-Medaille und über Änderungen dieser Satzung.

§ 16

- (1) Zu Wahlen und Beschlußfassungen gem. § 14 Abs. 1 und 3 und § 15 muß mindestens die Hälfte der Anzahl der Ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.
- (2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmenmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs der erste Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findet sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die absolute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.
- (3) Bei den übrigen Beschlußfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.
- (4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes Ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

§ 17

- (1) Die Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs bedarf der Bestätigung durch die Landesregierung.
- (2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die Landesregierung.
- (3) Das Ergebnis der Wahlen der Ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluß eines Mitgliedes und der Verzicht eines Mitgliedes auf die Mitgliedschaft sind der Landesregierung anzuzeigen.

Signalverzerrung in Glasfasern

– Zusammenfassung –

Von **H. G. Unger**, Braunschweig

Glasfasern verzerren optische Signale bei der Übertragung, weil die optische Strahlung auf vielen verschiedenen Strahlenwegen längs der Faser unterschiedliche Laufzeiten hat (Modendispersion) und weil die Laufzeit längs jedes Strahlenweges sich wegen der Dispersion des Glases mit der Lichtwellenlänge ändert und darum auch die verschiedenen spektralen Komponenten der Signalstrahlung sich in der Laufzeit unterscheiden (chromatische Dispersion). In Gradientenfasern wird die Modendispersion gemindert, indem durch geeigneten Abfall der Brechzahl von der Fasermitte nach außen alle Strahlenwege ungefähr gleiche Laufzeiten erhalten. Ganz unterdrückt wird die Modendispersion, indem der Faserkern so weit verdünnt wird, daß es nur noch einen Strahlenweg gibt. Diese sog. Monomodenfaser verzerrt Signale nur noch durch chromatische Dispersion. Mindern läßt sie sich, indem man die Signale mit nahezu monochromatischer Laserstrahlung überträgt und indem man die Glasdispersion durch die Strahlwegabhängigkeit von der Wellenlänge, der sog. Wellenleiterdispersion, kompensiert. Dispersionskompensierte Monomodenfasern aus verlustarmem Quarzglas können mehr als eine Milliarde Impulse pro Sekunde ohne zuviel Verzerrung und Dämpfung über 100 km und mehr übertragen.

Außerdem fanden weitere Plenarversammlungen mit folgenden Vorträgen und Diskussionen statt:

Herr Reuther: „Deutsch-Skandinavische Wechselbeziehungen in der Barock-Architektur“

Herr Erdmann-Jesnitzer: „Neue Legierungstechnologie für extrem hohe Dauerstandfestigkeit für NE-Metallegierungen“

Herr Henne: „Die Studentensprache“

Herr Rehage: „Makromolekulare Flüssigkeitskristalle – neuartige Substanzen mit besonderen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten“

Herr Thoma: „Der Einfluß der Mikroelektronik auf die moderne Entwicklung der Regelungstechnik“

Herr Koeßler: „Zur Geschichte und Technik der Lenkung nicht spurgeführter Fahrzeuge“

Herr Maaß: „Gentechnologie, Prinzipien und Möglichkeiten“

Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Zur mathematischen Beschreibung mechanischer Systeme

– Kurzfassung –

Von **Egon Richter**, Braunschweig

In der klassischen Mechanik verwendet man zur Beschreibung mechanischer Systeme drei unterschiedliche Bilder, die als Newtonsche, Lagrangesche und Hamiltonsche Mechanik bezeichnet werden. Diese drei Beschreibungsweisen, die sich nur unter gewissen Voraussetzungen aufeinander zurückführen lassen, sind von ihrer mathematischen Struktur her in zwei verschiedene Klassen einteilbar.

Sowohl in der Newtonschen Mechanik als auch in der Lagrangeschen Mechanik sind die Grundgleichungen, aus denen die zeitliche Änderung der Systemkonfiguration bestimmt werden kann, Differentialgleichungen zweiter Ordnung. In diesen beiden Fällen liegt deshalb eine Beschreibung vor, die ein Vektorfeld auf dem Tangentialbündel über dem Konfigurationsraum benötigt. Im Unterschied dazu sind die Grundgleichungen der Hamiltonschen Mechanik Differentialgleichungen erster Ordnung, die mit Hilfe eines Vektorfeldes auf dem Kotangentialbündel (Phasenraum genannt) über dem Konfigurationsraum formuliert werden. Dieser Phasenraum, der in „natürlicher“ Weise eine symplektische Struktur besitzt, ist zur Beschreibung nicht-dissipativer mechanischer Systeme offenbar besonders gut geeignet. Bekanntlich wurde die Hamiltonsche Beschreibung in der Himmelsmechanik und in der statistischen Mechanik mit großem Erfolg benutzt und ihr Einfluß auf die Entwicklung der Quantenmechanik ist unbestreitbar.

Im Zusammenhang mit Lösungsversuchen des astronomischen Mehrkörperproblems erkannte bereits H. Poincaré, daß sich die Gesamtheit möglicher Bewegungsformen des Systems allerdings nur im Rahmen einer qualitativen Theorie der Differentialgleichungen überblicken läßt. In dieser Theorie sind die singulären Punkte des Differentialgleichungssystems (auch Fixpunkte im Phasenporträt genannt), die zugleich Stellen stationärer Werte der Hamiltonfunktion sind, von besonderer Bedeutung. Aus dem Verhalten der Phasenbahnen in der Umgebung dieser Fixpunkte läßt sich nämlich auf die Stabilität der Gleichgewichtslagen schließen. Andererseits sind für die integrierbaren Hamiltonschen Systeme globale Aussagen auf den durch die Konstanten der Bewegung bestimmten Untermannigfaltigkeiten des Phasenraumes möglich, die keine Gleichgewichtspunkte enthalten. Diese beiden Aspekte der qualitativen Theorie können am Phasenporträt des mathematischen Pendels anschaulich erläutert werden, wobei zugleich die Nützlichkeit der Darstellung von Phasenbahnen auf nichtlinearen Mannigfaltigkeiten demonstriert werden kann. Anschließend läßt sich für ein integrables Hamiltonsches System mit zwei Freiheitsgraden (z.B. zwei

ungekoppelte eindimensionale harmonische Oszillatoren) die Zweckmäßigkeit der Phasenbahndarstellung auf ineinandergeschachtelten Tori nachweisen. Eine Betrachtung der Durchstoßpunkte der Phasenbahnen durch den Querschnitt der Tori (Poincaréabbildung) liefert eine Einteilung der invarianten Tori in solche mit periodischen Phasenbahnen (rational abhängige Frequenzen der Oszillatoren) und andere mit „quasi-periodischen“ Phasenbahnen (rational unabhängige Frequenzen der Oszillatoren). Das Verhalten der Tori bei Störungen des integrablen Systems war noch in der Mitte unseres Jahrhunderts weitgehend ungeklärt. Erst die Arbeiten von A. N. Kolmogorov, V. I. Arnold und J. Moser lieferten Ergebnisse, die im sog. KAM-Theorem zusammengefaßt werden. Danach zerfallen bei sehr kleinen Störungen nur solche Tori, auf denen die Frequenzen rationalabhängig sind oder in einer gewissen Umgebung zu diesen liegen. Die anderen Tori werden lediglich deformiert, bleiben aber als invariante Untermannigfaltigkeiten des Phasenraumes bestehen. Das Bild der Durchstoßpunkte der Phasenbahnen durch den Querschnitt der Tori verändert sich drastisch: die Phasenbahnpunkte zerfallender Tori verteilen sich bis auf kleine eingelagerte „Inseln“ völlig ungeordnet.

Diese Ergebnisse der qualitativen Theorie der Differentialgleichungssysteme erster Ordnung gelten nicht nur für mechanische Systeme. Bei Experimenten, die zur kontrollierten Kernfusion führen sollen, werden häufig Plasmacinschlüsse mit toroidalen Magnetfeldkonfigurationen verwendet. Für Konfigurationen mit azimuthaler Symmetrie kann man die Gleichungen, aus denen sich die Magnetfeldlinien berechnen lassen, näherungsweise in die Form Hamiltonscher Gleichungen mit einem Freiheitsgrad bringen, die stets integrabel sind. Die Magnetfeldlinien bilden ineinandergeschachtelte Torusflächen im Ortsraum und erzeugen somit eine ähnliche Struktur wie die Phasenbahnen des integrablen Hamiltonschen Systems mit zwei Freiheitsgraden im Phasenraum. Bei kleinen Störungen der azimuthalen Symmetrie des Magnetfeldes verhalten sich die Magnetfeldlinien ähnlich wie die Phasenbahnen eines schwach gestörten integrablen Hamiltonschen Systems: die Durchstoßpunkte der Magnetfeldlinien im Querschnitt der Tori lassen den Zerfall bestimmter Magnetfeldflächen erkennen, wobei „magnetische Inseln“ und völlig ungeordnet verteilte Durchstoßpunkte der Magnetfeldlinien nebeneinander auftreten können.

Aussagen der qualitativen Differentialgleichungstheorie sind nicht nur für die oben betrachteten Hamiltonschen Systeme möglich, sondern auch für andere dynamische Systeme, z. B. dissipative Systeme. Die in den vergangenen zwei Jahrzehnten erreichten beachtlichen Erfolge im Bereich der dynamischen Systeme beruhen vor allem auf der Entwicklung der qualitativen Theorie.

Pflanzlicher Sekundärstoffwechsel und Coevolution

– Kurzfassung –

Von **Thomas Hartmann**, Braunschweig

Höhere Pflanzen zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, Naturstoffe in ungeheurer Strukturmannigfaltigkeit zu produzieren. Diese Naturstoffe bilden den sogenannten *Sekundärstoffwechsel* der Pflanzen. Während der Primärstoffwechsel die für jede pflanzliche Zelle lebensnotwendigen Grundprozesse umfaßt, ist der Sekundärstoffwechsel für bestimmte Zellen, Gewebe, Organe oder ganze Organismen charakteristisch. Er ist zumindest aus stoffwechselphysiologischer Sicht nicht lebensnotwendig. Man denke an den scharfstofffreien Gemüsepaprika, die fast alkaloidfreien Süßlupinen, um nur zwei Beispiele für Pflanzenarten zu nennen, bei denen artspezifische Sekundärstoffe „weggezüchtet“ wurden. Mehr als $\frac{4}{5}$ aller derzeit bekannten Naturstoffe wurden aus Pflanzen isoliert. Ihre Gesamtzahl dürfte 18.000 definierte Strukturen übersteigen. Die meisten dieser Verbindungen lassen sich auf wenige biogenetisch verwandte Stoffklassen, wie Terpene und Steroide, Acetogenine, Flavonoide, Alkaloide und andere aus dem Aminosäurenstoffwechsel abzuleitende N-haltige Naturstoffe zurückführen. Die Frage nach der Funktion und Bedeutung des Sekundärstoffwechsels ist trotz seiner quantitativ so hervorragenden Stellung umstritten und unbefriedigend beantwortet. Man betrachtet Sekundärstoffe häufig als „Schlacken“ oder „Endprodukte“ des Stoffwechsels und ihre gewebespezifische Ablagerung in Exkretzellen oder Behältern als „innere Sekretion“. Sie werden betrachtet als Ausdruck eines „luxuierenden Stoffwechsels“ der autotrophen Pflanze (K. Mothes) oder als zufällige Produkte, entstanden auf der „Spielwiese der Evolution“ (H. Zähler). Eine spezifische Funktion wird den Sekundärstoffen abgesprochen, oder auf eine gelegentliche „sekundäre Funktion“ als Fraßschutz (Alkaloide, Scharfstoffe, Bitterstoffe, Gifte) gegen herbivore Tiere oder Mikroorganismen bzw. Lockstoffe (Blütenduft, Farbe etc.) beschränkt.

Gerade für die zuletzt genannte Funktion des Sekundärstoffwechsels im Wechselspiel der Organismen mehren sich in den letzten Jahren experimentelle Belege und Argumente, obwohl das Phänomen bereits vor etwa 100 Jahren erkannt wurde (E. Stahl).

Es wird ein Konzept vorgestellt, das Primär- und Sekundärstoffwechsel als zwei funktionelle Ebenen beschreibt:

PRIMÄRSTOFFWECHSEL

Wachstum und Entwicklung des Individuums
--

Charakteristik: universell	konservativ
uniform	unentbehrlich

SEKUNDÄRSTOFFWECHSEL

Wechselwirkung des Individuums mit seiner Umwelt

Charakteristik: singular
 vielfältig
 adaptiv
 entbehrlich für Wachstum und Entwicklung
 unentbehrlich für Existenz und Fortbestand im Ökosystem.

Dabei umfaßt die Ebene des Sekundärstoffwechsels alle Stoffe und Prozesse, die zu ihrer Bildung führen, die zwar für die Funktion der isoliert betrachteten Pflanze entbehrlich, jedoch für die Existenz der Pflanze in ihrer natürlichen Umwelt unerlässlich sind. Der artspezifische Sekundärstoffwechsel stellt im Falle der höheren Pflanze, von wenigen Ausnahmen abgesehen (Lockstoffe und -farben im Dienste der Insektenbestäubung und Zoochorie), das dem Immunsystem der höheren Tiere analoge Abwehrsystem der Pflanze dar. Dieses chemische Abwehrsystem, das der ortssteten Pflanze die Koexistenz mit herbivoren Tieren und heterotrophen Mikroorganismen ermöglicht, wurde im Verlaufe der Evolution der Organismen im gegenseitigen Wechselspiel (Coevolution) optimiert. Aus biochemischer Sicht besteht zwischen einem Primärstoffwechselweg (z. B. einer Aminosäurebiosynthese) und einer Naturstoffbiosynthese (z. B. einer Alkaloidbiosynthese) kein Unterschied. Der Unterschied liegt allein in der Funktion. Da das Alkaloid im Gegensatz zur Aminosäure keine erkennbare Stoffwechsel-physiologische Funktion erfüllt, eine ökologische Bedeutung jedoch nicht berücksichtigt wurde, sprach man in der Vergangenheit einfach von einem nutzlosen Neben- oder Endprodukt des Stoffwechsels. Einige wesentliche Argumente sollen das dargelegte Konzept punktuell begründen:

1. Abwehrstrategien:

Die höhere Pflanze kann attackierende Fraßfeinde überaus wirksam chemisch abwehren. Es lassen sich wenigstens drei Strategien anführen.

a) Induzierte Abwehr

Die Attacke eines Angreifers wird durch eine rasche Synthese von Abwehrstoffen beantwortet. Beispiele sind die Bildung der sogenannten Phytoalexine nach Angriff von Mikroorganismen oder die Bildung von Proteinaseinhibitoren nach Verletzung, z. B. durch Raupenfraß.

b) Konstitutive Abwehr

Toxische Verbindungen (Alkaloide, Terpene, Saponine, Gerbstoffe etc.) werden in Exkretzellen, Exkretbehältern oder Exkretgängen angehäuft. Sie werden bei Verletzung ausgeschüttet und töten bzw. schrecken den Angreifer ab.

c) Chemische Zeitzündler

Bestimmte Abwehrstoffe werden in Form stabiler, aber leicht spaltbarer Stoffe abgelagert. In benachbarten Zellen oder Gewebeschichten sind Enzyme angehäuft, die aus diesen Verbindungen hochtoxische Spaltprodukte freisetzen. Die Freisetzung geschieht explosionsartig nach Verletzung. Beispiele sind die Bildung von Blausäure aus cyanogenen Glykosiden von Senfölen aus Senfölglykosiden und von Phenolen aus Phenolglykosiden.

An den genannten Mechanismen der chemischen Abwehr sind Verbindungen aus allen Naturstoffklassen beteiligt.

2. Bau- und Funktionseigentümlichkeiten der Pflanze

Die unter 1. genannten Abwehrstrategien sind nur verständlich, wenn man sich die Organisation der Pflanze vergegenwärtigt. Die Pflanze kann im Gegensatz zum Tier vor Feinden nicht weglaufen, sie wehrt sie physisch (Dornen, Stacheln, harte Samenschalen, starke Rinde) oder wie gezeigt chemisch ab. Da die Pflanze offenes Wachstum und fast unbegrenztes Regenerationsvermögen besitzt, können einzelne Blätter, Zweige und Seitenwurzeln dem Angreifer geopfert werden. Die Abwehr kann graduell und muß nicht wie beim Tier absolut sein.

3. Sekundärstoffwechsel umfaßt optimierte Prozesse

Sekundärstoff-Biosynthesen sind biochemisch betrachtet hochdifferenzierte und koordinierte Reaktionsabläufe, die zu Produkten führen, die in der Regel in einer hohen stationären Konzentration gehalten werden. Hierzu sind ebenso hochentwickelte Speicher- und Ablagerungsräume, die die Akkumulation gewährleisten, entwickelt worden. Viele Sekundärstoffe unterliegen einem stetigen kontrollierten Umsatz, werden in der Pflanze transportiert und in bestimmten Zielgeweben konzentriert. Von Stoffwechselschlacken oder Zufallsprodukten zu sprechen, ist zur Charakterisierung von sekundären Pflanzenstoffen heute nicht mehr zulässig. Ein komplexer Prozeß, wie eine Sekundärstoff-Biosynthese ist nur durch Darwin'sche Selektion vorstellbar. Diese wiederum ist erklärbar unter dem Druck der im Wettstreit stehenden Organismen. Beispiel: Die Süßlupine ist im Labor und auf dem Felde durchaus lebensfähig, in der freien Wildbahn in Konkurrenz zur alkaloidreichen Bitterlupine jedoch in kürzester Zeit durch herbivore Tiere ausgemerzt.

Außerdem fanden weitere Klassensitzungen mit folgenden Vorträgen und Diskussionen statt:

Herr Röhrs: „Höherentwicklung in der Evolution“ (erscheint in den „Abhandlungen“, Band 36)

Klasse für Geisteswissenschaften

Herr Boeder: „Das Vernunftgefüge der Moderne“

Herr Maurach: „... mit gemischten Gefühlen“. Zur Schilderung eines seelischen Vorganges in Antike und Neuzeit

Herr Oberbeck: „Die Bedeutung des 12. und 13. Jahrhunderts für die Entwicklung der Kulturlandschaft Nordwestdeutschlands“

Herr Gosebruch: „Qualitäts- und Bedeutungsunterscheidung an mittelalterlicher Kunst, aufgewiesen am Evangeliar Heinrichs des Löwen“

Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte

Die bereits im Jahre 1981 durch die Plenarversammlung der Gesellschaft bei gleichzeitigem Beschluß einer Geschäftsordnung begründete und durch erste Berufungen mit einem Kern tragender Fachwissenschaftler ausgestattete „Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte“ trat am 3.3.1983 unter der Leitung ihres Vorsitzenden Prof. Dr. M. Gosebruch zu ihrer ersten konstituierenden Sitzung zusammen, die einen stellvertretenden Vorsitzenden (Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. Hans Reuther) wählte und Vorschläge zur personellen Erweiterung der Kommission beschloß. Sie beriet sodann eingehend über das Forschungsprogramm der Kommission und setzte ihre Zusammenkunft am 4.3.1984 mit einer ersten wissenschaftlichen Tagung fort, die sich vor allem Problemen der Denkmalspflege widmete.

In diesem Rahmen wurde der Umbau des frühklassizistischen Vieweg-Hauses in Braunschweig zu einem Landesmuseum eingehend diskutiert, um den in der Fachwelt und Öffentlichkeit lange passioniert und kontrovers gerungen worden war. Kritisch diskutiert wurde auch die bereits angelaufene Wiederherstellung der Burg Dankwarderode in Braunschweig. Am Vormittag des 5.3.1984 wurde sodann die Stiftskirche von Königslutter besichtigt. Die abschließende Sitzung der Kommission diente der Formulierung eines Schreibens an den Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kunst, das die Ergebnisse dieser ersten Kommissionsaktivität hinsichtlich der Probleme der Denkmalspflege zusammenfaßte.

Vom 12. bis 15.10.1983 veranstaltete die Kommission im Anschluß an eine neuerliche Kommissionssitzung ein von in- und ausländischen Fachwissenschaftlern sehr gut besuchtes Symposium über den soeben restaurierten Braunschweiger Burglöwen. In diesem Rahmen wurden die folgenden Vorträge mit anschließenden Diskussionen gehalten: „Antikenbezüge des Löwenmonuments“ (V.-M. Strocka, Freiburg), „Der Löwe und das Wettinggrabmal im Magdeburger Dom“ (F. Steigerwald, Braunschweig), „Löwendenkmal und ‚Anfänge des monumentalen Stils im Mittelalter‘“ (M. Gosebruch, Braunschweig), „Der Erfurter Wolfram und die Magdeburger Wettinwerkstatt“ (H.-G. Meyer, Minden), „Die Qualität des Gusses“ (J. Ruge, Braunschweig), „Eisenverstreben im Löwenkörper und daraus folgende Gefährdung der Bronze“ (P. Wehr, Braunschweig), „Die Reinigungs- und Wiederherstellungsarbeiten am Löwen“ (I. Reindell, Rom), „Tiere in den Jagdfriesen des Nikolaus als namensverschlüsselnde Darstellung“ (Th. Weigel, Braunschweig), „Ein mehrdeutiges Tier – Der Löwe im französischen Mittelalter“ (A. Gier, Heidelberg), „Der Löwe auf Münzbildern des XII. Jahrhunderts“ (R. Kroos, München), „Skulptur und Raum im Hochmittelalter“ (T. Brunius, Kopenhagen), „Das Löwendenkmal und die Dynastie der Welfen“ (D. v. d. Nahmer, Hamburg), „Das venezianische Apsismosaik in der Potsdamer Friedenskirche: Mittelalterliches Original oder Schöpfung des Historismus?“ (H. Hallensleben, Bonn).

Die Ergebnisse des Symposions sollen in der Schriftenreihe der Kommission veröffentlicht werden.

Als nächste größere Veranstaltung der Kommission ist ein Symposium über „Bernwardinische Kunst“ im Herbst 1984 in Hildesheim geplant, dessen Vorbereitungen noch im Berichtsjahr aufgenommen wurden, und schließlich konnte ein der Kommission übertragenes Forschungsvorhaben zum Thema „Barock in Niedersachsen“ in Angriff genommen werden.

Ausbau der Burg Dankwarderode in Braunschweig

Kurzbericht über den öffentlichen Vortrag der BWG
im Städtischen Museum am 4. März 1983

Von **Justus Herrenberger**

Die Niedersächsische Landesregierung hatte beschlossen, die im Kriege zerstörte, 1951/52 provisorisch gesicherte Burg Dankwarderode endgültig wiederherzustellen.

Die Burg soll zunächst für die 1985 stattfindende Niedersächsische Landesausstellung „Stadt im Wandel“ und danach für das Herzog-Anton-Ulrich-Museum genutzt werden. Mit dem Ausbau beauftragte die Bezirksregierung Braunschweig über ihr Staatshochbauamt die Braunschweiger Architekten Prof. Herrenberg/Dipl.-Ing. Mische.

Das Institut für Denkmalpflege fordert den möglichst getreuen Nachbau der kostbaren Raumgestaltung des 19. Jahrhunderts, insbesondere des sogenannten Rittersaales im 1. Obergeschoß.

Die heutige Burg wurde von 1886 bis 1907 vom Stadtbaurat Ludwig Winter auf Wunsch und Kosten des Braunschweigischen Regenten Prinz Albrecht von Preußen gebaut.

Nach einem Brand 1873 sollte die im Laufe ihrer Geschichte mehrfach umgebaute Burg endgültig abgerissen werden. Man fand jedoch im Erdgeschoß und an der östlichen Längswand romanische Bauteile, die vom Palas Heinrich des Löwen stammten. Nach langem politischen, administrativen und finanziellem Gerangel zwischen Stadt, Land und Hof konnte Ludwig Winter den Wiederaufbau durchsetzen. Er stützte sich hierbei auf seine sorgfältige Untersuchung der Reste und seine daraus abgeleitete Rekonstruktion.

Allerdings wich er besonders im Rittersaal von seinem eigenen Befund ab und schuf einen sehr feierlichen Festsaal, den er als „Heilige Halle“ verstanden wissen wollte. Prinz Albrecht war mit der Pracht einverstanden, da er den Saal für Sitzungen seiner Johanniter, deren Herrenmeister er war, nutzen wollte.

Winter übernahm vom alten Bau wesentliche Elemente, so die mittlere Arkadenreihe, die Zweischiffigkeit und die Querschließung beider Säle von der Burgplatzseite aus.

Der Rittersaal wurde in Längsrichtung durch Arkadenbögen mit üppigen Marmorsäulen, Basen, Kapitellen und Kämpfern, die sich an das Vorbild von St. Michael in Hildesheim hielten, gegliedert.

Der offene Dachstuhl war reich geschnitzt, mächtige Kamine, Bronzeleuchter, Mosaikparkett, geschnitzte Türen vermittelten zusammen mit der reichen Ausmalung einen prächtigen, für unser Gefühl heute etwas zu überladenen Raumeindruck.

Der Saal wurde vom Hof für Konzerte, Empfänge und Kostümfeste benutzt. 1914 wurde ein Notlazarett eingerichtet. Nach der Revolution verfiel die Burg. In der Nazi-Zeit wurde der Rittersaal für den Reichsjägertag Hermann Görings hergerichtet.

Die Braunschweiger Bevölkerung kannte die Burg von innen kaum. So wurde die Zerstörung der Burg 1944 durch Brand- und Sprengbomben zunächst gar nicht als so großer Verlust empfunden.

Man baute die Ruine zwar 1956/52 provisorisch aus, im Erdgeschoß wurde der Knappensaal als stimmungsvoller Ausstellungsraum für die Kirchlichen Schätze des Herzog-Anton-Ulrich-Museums hergerichtet, das Obergeschoß diente fast 40 Jahre lang als Rumpelkammer des Amtes für Denkmalpflege.

Der Palas erhielt damals ein Notdach, die noch vorhandene Mittelarkade, die kostbaren Säulen, Kapitelle und Kämpfer wurden ebenso wie die Kamine herausgebrochen. Sie sind seitdem verschwunden.

Die Wiederherstellung war anfangs sehr schwierig, da die Originalzeichnungen von Ludwig Winter als verschwunden galten. So mußten alle Maße und Details zunächst nach ziemlich unscharfen Fotos rekonstruiert werden. Drei Tage vor Baubeginn entdeckte dann Frau Dipl.-Ing. Helga Herrenberger 12 Mappen mit über 900 Zeichnungen Winters. Dieser Fund erleichtert heute die Rekonstruktion wesentlich.

Wie zu erwarten, bereitet der Umbau eines historischen Bauwerks in ein modernes Museum allerhand Kopfzerbrechen.

Es müßten ja alle Forderungen der Standsicherheit, der Fluchtwege, des Zuganges für Behinderte, der Raumtechnik, des Schall- und Wärmeschutzes, der Diebstahls- und Einbruchssicherung und des Brandschutzes voll erfüllt werden. Zudem sind viele Kilometer Leitungen zu verstecken. Nur darf man von all diesen technischen Notwendigkeiten weder im Inneren noch am Äußeren etwas sehen.

Der Bau eilt! Da man nicht warten kann, bis die 10 Säulen vom Bildhauer fertiggestellt sind, werden während der Bauzeit Notstützen aus Stahl in Sandtöpfen aufgestellt.

Dadurch konnte der Rohbau, das neue Dach und der technische Ausbau vorweggenommen werden.

Im Herbst 1982 wurde mit den Arbeiten begonnen, im Juni 1983 war Richtfest. Inzwischen sind die Bomben- und Brandschäden der Fassade behoben, das neue Dach ist fertig, die Kamine und die Mittelarkade stehen wieder, die technische Ausstattung ist eingebaut, auf dem Nordgiebel sitzt wieder ein Löwe, vom Westgiebel blickt der Falke wieder auf den Burglöwen.

Der Gedanke an den Einbau einer Schatzkammer für das inzwischen ersteigerte Evangeliar Heinrich des Löwen beschäftigt die Gehirne.

Wenn nicht noch irgendetwas ganz schiefgeht, wird die Burg rechtzeitig zur Landesausstellung 1985 fertig.

Tektonomechanik – Stiefkind der Geologie? *)

Von **Georg Mandl**,

Koninklijke/Shell Exploratie & Productie Laboratorium, Rijswijk, Niederlande

Zusammenfassung

Hilfsmittel tektonomechanischer Forschung sind, neben Feldstudien, vor allem Modellexperimente, theoretisch-mechanische Analysen und Computersimulationen tektonischer Prozesse.

Die jeweiligen Vor- und Nachteile dieser Methoden werden an Hand von konkreten Beispielen besprochen. Mittels neuerer Ergebnisse wird gezeigt, wie durch Kombination der Methoden die den einzelnen Verfahren anhaftenden Nachteile vermieden werden können, die in der Vergangenheit Gründe waren für die reservierte Haltung weiter Geologenkreise gegenüber tektonomechanischer Forschung.

I. Einleitung

Die Kruste der Erde ist, wie wir wissen, in fortdauernder Bewegung. Als Bestandteil der Lithosphäre nimmt sie teil an der Relativbewegung von etwa einem Dutzend Plattenkörper, welche aneinander vorbeigleiten, auseinanderdriften, kollidieren oder verschluckt werden. Von dieser globalen Dynamik zeugen Erdbebengürtel, Tiefseegräben, Sedimentbecken, Orogene, die mittelozeanischen Rücken und gewaltige Horizontalverschiebungen. Diese globalen Krustenbewegungen – Gegenstand der Global- oder Plattentektonik – setzen sich fort in Falten- und Bruchstrukturen über alle Zwischenbereiche bis hinunter in den Größenbereich der Mikrotektonik.

Die Erfassung dieser, nicht nur in ihren Dimensionen, sondern vor allem in ihren Formen so überaus reichen Erscheinungswelt, ist Aufgabe der Tektonischen Geologie, bzw. der Strukturgeologie (beide Bezeichnungen werden im Folgenden als Synonyme verwendet). In erster Linie wird hierbei die geometrisch/kinematische Seite der Strukturen untersucht und eine Unzahl von Unterscheidungen und Klassifizierungen vorgenommen.

So wird, zum Beispiel, sehr genau zwischen den beiden Faltentypen unterschieden, die in Abb. 1 a, b) vertreten sind: Beide Falten sind das Ergebnis seitlicher Einengung turbiditischer Sedimente aus dem Karbon. Abb. 1 a) zeigt eine sogenannte ‚Kofferralte‘, entstanden durch ‚Biegegleiten‘, d.h. dadurch, daß jeweils höhere Schichten über ihre Unterlage scheidelwärts gegliitten sind – wie bei der Verbiegung eines Kar-

*) Vortrag gehalten am 6. Mai 1983 anlässlich der Verleihung der Gauß-Medaille an Univ.-Prof. Baurat, Dipl.-Ing. Dr. techn., Dr. mont. h.c. Leopold Müller, Salzburg.



Abbildung 1:

a) Kofferfalte in Turbiditsedimenten (Karbon), nördlich von Bude, Devon, U.K.

b) Gewölbefalte (Karbon), irische Westküste.

tenpaketes. Von der Kofferfalte unterscheidet sich deutlich in Form und Kinematik die gewölbeförmige Falte der Abbildung 1b); Biegegleiten dürfte bei ihrer Entstehung kaum eine Rolle gespielt haben.

Trotz genauester geometrisch/kinematischer Unterscheidung zwischen den beiden Faltentypen unseres Beispiels bleibt die Frage offen, warum in den beiden Fällen die Sedimente so unterschiedlich auf seitliche Einengung reagiert haben. Dies ist eine Frage nach der Mechanik des tektonischen Vorganges, also nach dem Zusammenspiel von Schwerkraft, mechanischen Spannungen und Verformungen – eine tektonomechanische Frage.

Dies einleitende Beispiel rückt bereits unser Thema ins Licht. Wenn man bedenkt, daß die meisten Knickfalten in der Tiefe unter Überlagerung von mehreren Kilometern Sediment entstanden sind, wird man sich fragen, wie unter diesen Umständen Biegegleiten möglich ist. Erst seit ein paar Jahren scheint man sich in weiteren Kreisen bewußt geworden zu sein, daß für dieses Biegegleiten der Reibungswiderstand zwischen den Schichten sehr gering sein muß und im Allgemeinen nicht mehr als einige Bar (!) betragen darf. In den meisten Fällen kann dies nur durch enorme Porenwasserüberdrücke erreicht werden; also Porenwasserdrücke, die etwa mehr als das Doppelte des Druckes der normalen statischen Wassersäule betragen und so den Großteil des Gesteinsdruckes tragen und damit das Festkörperskelett des Gesteins entlasten. Diese Erniedrigung der Effektivspannung, die die Sedimentkörner aufeinander preßt, hat eine entsprechende Erniedrigung des Reibungswiderstandes zur Folge.

Dem Bodenmechaniker mag dies selbstverständlich erscheinen, hat doch Karl v. Terzaghi bereits Mitte der zwanziger Jahre die Bedeutung der Effektivdruckspannungen (d.h. der um den Porendruck verminderten totalen Normalspannungen im porösen Material) für die Mechanik flüssigkeitsgesättigter, körniger Medien erkannt und mit der Einführung dieses Konzepts den Aufschwung der modernen Bodenmechanik eingeleitet. Dennoch hat es 35 Jahre gedauert, bis dieses Grundkonzept der Bodenmechanik Eingang in die Tektonische Geologie fand, und zwar in der klassischen Arbeit von M. King Hubbert & Rubey (1959) über die Rolle hoher Porenwasserdrücke beim Transport tektonischer Decken.

Tektonische Decken sind bekanntlich Gesteinskörper von riesiger Ausdehnung, die von ihrer ursprünglichen Unterlage abgesichert, ihr Vorland auf mehr oder weniger horizontaler Gleitbahn überfahren haben, ohne hierbei ihren inneren Zusammenhalt zu verlieren. Auf das mechanische Paradox dieses Transportprozesses hatte bereits 1909 der K.u.K. Physiker v. Smoluchowski hingewiesen, daß nämlich die zur Überwindung der normalerweise zu erwartenden Sohlenreibung erforderlichen Schubkräfte den Deckenkörper vollständig zerstören müßten, da keine Gesteinsart solcher Belastung standhalten könnte. Hubbert und Rubey lösten dieses Paradox durch Anwendung des bodenmechanischen Rutschungsmodells von v. Terzaghi, bei dem der Scherwiderstand an der Rutschungsfläche durch hohe Porenwasserdrücke wesentlich herabgesetzt wird.

Diese Übertragung eines mechanischen Modells aus einer Nachbardisziplin kam also mit einer Verzögerung von mehreren Jahrzehnten zustande – keineswegs ein

Einzelfall, sondern eher symptomatisch für die Vernachlässigung der ‚Tektonomechanik‘. Freilich müssen wir hier sogleich daran erinnern, daß Pioniere der tektonischen Geologie schon vor etwa einem halben Jahrhundert versucht haben, tektonische Strukturen als Ergebnis mechanischer Prozesse zu verstehen. Vor allem war es Hans Cloos, der diese Richtung mit bahnbrechenden Arbeiten zur Tektonik von Grabensystemen und Horizontalverschiebungen vertreten hat. Er hat auch, wie L. Müller, Salzburg, berichtet, den Term ‚Geomechanik‘ als Mechanik tektonischer Vorgänge geprägt. In diesem Sinne hat auch L. Müller, Salzburg, selbst ‚Geomechanik‘ verstanden, wie man in seiner noch heute sehr aktuellen Arbeit über geomechanische Probleme aus dem Jahre 1948 (Geologie und Bauwesen, Jg. 16, H. 3/4) nachlesen kann. Auch A. Nadai muß hier erwähnt werden, der als theoretischer Mechaniker in seinem zweibändigen Werk „Theory of flow and fracture of solids“ wertvolle Beiträge und Anregungen zur Mechanik tektonischer Prozesse gegeben hat.

Leider war diesen vielversprechenden Anfängen nicht der gewünschte Aufschwung einer der Tektonik zugewandten Mechanik beschieden. Dies gilt wohl auch noch für die stattliche Reihe bedeutender Arbeiten, die ein anderer Theoretiker, Maurice Biot, der Elastizität poröser Gesteine, der Theorie viskoelastischer Faltungsvorgänge im anisotropen Gestein, und der Theorie des Salzdiapirismus gewidmet hat. Erst seit einigen Jahren beginnen Biot's Arbeiten wirksam zu werden.

Die hauptsächliche Entwicklung der Geomechanik ging in eine andere Richtung, nämlich zur Felsbaumechanik (‚Rock engineering‘) hin. Deutlichkeitshalber wollen wir daher die Geomechanik, um die es uns hier geht, ‚Tektonomechanik‘ nennen. Im Folgenden soll versucht werden, an Hand einiger Beispiele Gründe für die stiefmütterliche Behandlung aufzuzeigen, die der Tektonomechanik in der Vergangenheit zu Teil wurde, und die Chancen zu erwägen, die dieses Forschungsgebiet heute hat.

II. Tektonische Modellversuche

Das tektonische Verfahren, wie wir es heute auch in unserem Institut praktizieren, ist eine Kombination von Feldstudien, mechanischer Theorie, numerischer Simulation und von Modellversuchen. Dies ist in Abb. 2 veranschaulicht.

Aus Felddaten (von Aufschlüssen, Satellitenphotos, Bohrungen, und vor allem geophysikalischen Erkundungsmethoden) wird ein im allgemeinen fragmentarisches Bild von Strukturen gewonnen, deren Entstehungsgeschichte wir verstehen wollen. Das Problem wird formuliert – natürlich unter Ausschaltung alles für den Typus der betrachteten Struktur nebensächlichen – und mit theoretischen, numerischen und experimentellen Methoden angegangen. Wir werden ausführlicher auf die Wichtigkeit der Synthese dieser Methoden eingehen, aus der schließlich Modelle für die tektonische Genese des betrachteten Strukturtyps hervorgehen. Die Gegenüberstellung mit den Felddaten entscheidet schließlich über die Brauchbarkeit dieser Modelle.

Bevor wir dieses Verfahren mit Beispielen illustrieren, wollen wir hier einige mehr allgemeine Bemerkungen zur Verwendung von Modellexperimenten und theoretisch-mechanischen Methoden in der Tektonik einfügen.

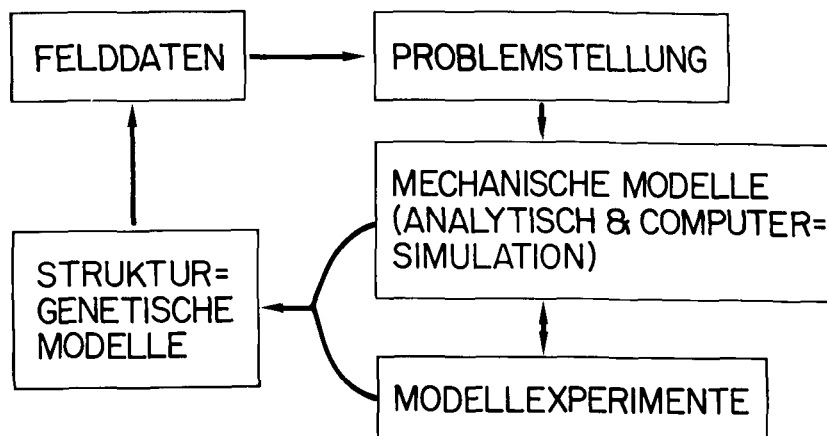


Abbildung 2:
Schema des tektonischen Verfahrens.

Tektonische Experimente sind so alt wie der erste Versuch eines Geologen am Tischtuch seiner Frau die Entstehung von Faltengebirgen zu demonstrieren. Ernsthaftere Versuche, um mit Gips, Wachs, Pech u. dgl. tektonische Faltenbildung zu modellieren, wurden bereits im vorigen Jahrhundert unternommen, z. B. von H. M. Cadell, der schon 1889 eine Arbeit über ‚Experimental research in mountain building‘ veröffentlichte.

Versuche dieser Art lassen sich trefflich mit dem englischen Ausdruck ‚look-alikes‘ charakterisieren, der andeutet, daß es sich um oberflächliche Ähnlichkeiten handelt, die den mechanischen Vorgang nicht erhellen, weil eben zwischen Modell und großmaßstäblicher Wirklichkeit die Beziehungen in Materialverhalten und mechanischen Randbedingungen unbekannt bleiben, eine tragfähige Vergleichsbasis also fehlt. Dennoch liegt es uns ferne, solche Pionierleistungen abschätzig beurteilen zu wollen, zeigen diese ‚look-alikes‘ doch immerhin kinematisch mögliche Abläufe – was natürlich keineswegs besagen will, daß diese Abläufe auch mechanisch realisierbar sind.

Es darf uns also nicht wundern, daß die anfängliche Begeisterung über den heuristischen Wert dieser Experimente einer kritischen und sogar ablehnenden Haltung Platz machte. *)

Soll ein tektonisches Experiment heute akzeptabel sein, so muß es eine durchschaubare, eindeutige Zuordnung des Verformungsprozesses in Modell und Prototyp erlauben, und zwar in allen Einzelphasen des Prozesses. Hierzu bedarf es bekanntlich

*) So schreibt de Sitter in seiner ‚Structural Geology‘ (New York 1956) auf Seite 17: „... the imitative experiment, which in spite of lack of theoretical background has blundered into quite surprising results. None the less its limitations are now clearly visible, and we do not believe it can ever bring us much fundamental knowledge.“

nicht nur geometrisch ähnlicher Ausgangssituationen und ähnlicher kinematischer Randbedingungen, sondern vor allem auch mechanischer Maßstabtreue. Diese beruht hauptsächlich auf der maßstäblichen Verknüpfung von Spannungen und Verformungen, was gemeinsame Materialgesetze für Modell und Prototyp voraussetzt.

Die ersten experimentierenden Geologen, die versuchten, Materialgesetze zu berücksichtigen, waren J. Koenigsberger und O. Morath in Freiburg i. Br. („Theoretische Grundlagen der experimentellen Tektonik“, Z. Dtsch. Geol. Ges. 65, Mber. 65–86, Stuttgart 1914) und einige Jahre später Hans Cloos. Diesen Forschern war es vor allem an einem maßstäblichen Festigkeitsverhalten des Modellmaterials gelegen. Erst King Hubbert bezog 1937 zeitabhängiges Materialverhalten in seiner einfachsten Form, der Newtonschen Viskosität, in die geologische Modelltheorie ein und machte die dimensionsanalytische Methode in geologischen Kreisen populär (Hubbert, M. K., „Theory of scale models as applied to the study of geological structures“, Geol. Soc. Am. Bull., 48, 1459–1520, 1937). Man muß natürlich beim Rückblick auf die Geschichte des tektonischen Experimentes bedenken, daß damals die Erforschung der Stoffgesetze für Fest- und Lockergesteine noch in den Kinderschuhen steckte und daß diese Forschung auch heute noch keineswegs abgeschlossen ist.

Ich kann bei der Frage der Modellgesetze nicht verweilen und muß mich darauf beschränken, das Kernproblem der Modellierung tektonischer Scher- oder Verschiebungsbrüche anzudeuten.

Bei diesen Prozessen spielt die Zeitdauer kaum eine Rolle; ihre Modellierung ist daher einfacher als die tektonischer Faltungsvorgänge, bei welchen die Deformationsgeschwindigkeit ein wesentlicher Parameter ist. Abbildung 3 erinnert an die bekannte Frage warum es keine Riesen gibt: Vergrößern wir alle Abmessungen der kleineren Figur um das n -fache, so vergrößert sich der tragende Querschnitt um das n^2 -fache und das Gewicht um das n^3 -fache. Die Vertikaldruckspannung erhöht sich also um

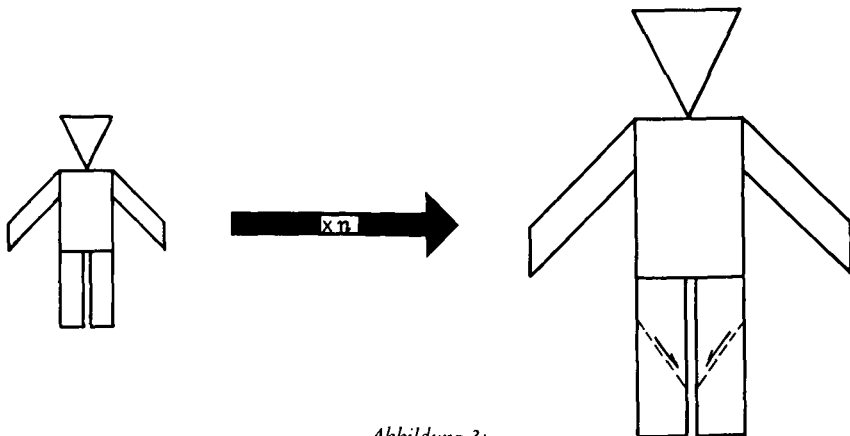


Abbildung 3:
Maßstabsänderung, Spannungen und Festigkeit.

das n -fache. Nehmen wir an, daß das Skelett beider Figuren aus dem selben Material gebaut ist, so werden die einachsige belasteten Beine des ‚Riesen‘ bei einer gewissen Maßstabsvergrößerung der gleichen Erhöhung des Vertikaldruckes nicht mehr standhalten und einen Scherbruch erleiden.

Wollen wir umgekehrt das Auftreten des Scherbruches im kleinen Modell nachvollziehen, so müssen wir ein Modellmaterial mit maßstäblich erniedrigter Druckfestigkeit wählen. Sinngemäß läßt sich dieses Ergebnis auch auf die im allgemeinen mehrachsigen tektonischen Spannungszustände übertragen, was bedeutet, daß (bei unveränderter Schwerkraft) die Scherfestigkeit des Modellmaterials im selben Maßstab reduziert werden muß wie die mechanischen Spannungen, d.h. wie die linearen Abmessungen. In der Praxis bedeutet dies etwa eine 100.000-fache Erniedrigung.

Die Scherfestigkeit von Gesteinen, d.h. die maximale Schubspannung, die das Material noch ohne Bruch aushält, besteht aus zwei Anteilen: einem druckabhängigen und einem druckunabhängigen – der ‚Kohäsion‘. In Sedimentgesteinen und Tiefenbereichen von etwa 1 bis 10 km überwiegt im allgemeinen bei weitem der druckabhängige Anteil, der vielfach in für unsere Zwecke ausreichender Näherung als dem Effektivdruck proportional angenommen werden kann. Überdies ist zu bedenken, daß einer Kohäsion des Sedimentgesteines in der Größenordnung von 100 bar, bei einem Maßstab 1:100.000 eine Modellkohäsion in der Größenordnung von nur 1 gr/cm^2 entspricht, was sich experimentell doch wohl kaum mehr in kontrollierter Weise verwirklichen läßt.

Wir führen daher die meisten unserer bruchtektonischen Modellexperimente mit trockenem Sand nicht zu kleiner Korngröße durch*). Natürlich wird bei diesen Modellversuchen mit Sand nicht den einzelnen Sandkörnern, sondern dem ‚reibungplastischen‘ Fließ- und Gleitverhalten des Körneraggregates Modellcharakter beigegeben. Dies ist überaus wichtig, denn es schließt Phänomene von getreuer Modellierung aus, die direkt mit der Größe, Form oder Verteilung der Sandkörner zusammenhängen; also Vorgänge wie die Auflockerung (Dilatanz) des körnigen Materials unter Scherverformung, die damit Hand in Hand gehende Scherentfestigung, und die Breite von Scherzonen. Dies muß bei der Interpretation von Sandexperimenten beachtet werden.

Zusammenfassend läßt sich zur Kritik an tektonischen Modellversuchen sagen, daß sie an drei Punkten ansetzt:

Erstens, an unserer mangelhaften Kenntnis der Stoffgesetze für Gesteine; zweitens, an der Unmöglichkeit alle Modellregeln zu verwirklichen; und drittens, an der Diskrepanz zwischen der Wirklichkeit einer konkreten tektonischen Struktur und den idealisierten Bedingungen des Laboratoriumexperimentes.

*) Vielen der mit leicht kohäsiven Stoffen wie Ton, Baryt oder Gips durchgeführten Experimente entsprechen dann auch in der Natur sehr starke, diagenetisch verfestigte und, überdies, kaum zerklüftete Gesteine. (Jedenfalls, solange diese Versuche mit unveränderter Schwerkraft, also nicht in einer Zentrifuge, durchgeführt wurden.)

Die Kritik bezüglich der ersten beiden Punkte war sicherlich berechtigt und ist auch heute noch ernst zu nehmen. Die meist gehörte Kritik – am dritten Punkt – beruht jedoch auf einem Mißverständnis: Es ist nicht Aufgabe des Modellversuches, eine Struktur in ihrer konkreten Einmaligkeit mit allen zufälligen Nebenerscheinungen zu modellieren, sondern den Strukturtypus – den vom Zufälligen befreiten Bezugsfall.

III. Numerische Analysen

Die mechanische Analyse tektonischer Prozesse unterscheidet sich von Anwendungen der Mechanik in der Ingenieurspraxis in verschiedener Hinsicht, wie an zwei einfachen Beispielen illustriert werden soll.

Eine erste Schwierigkeit, der man bei der mechanischen Analyse tektonischer Vorgänge begegnet, ist die Abgrenzung des Systems. Die tektonische Einheit, die man analysieren will, muß erst geometrisch abgegrenzt und ihre Wechselwirkung mit der Umgebung, d.h. die Randbedingungen, definiert werden. Relativ einfach ist dies bei manchen Problemen der bereits eingangs erwähnten Überschiebungsdecken.

In Abb. 4 ist eine Deckenscholle schematisch dargestellt. Sie ist begrenzt durch die Deckensohle und Aufschiebungen („thrusts“) an Stirn- und Rückseite. Die Deckenscholle wird von hinten angetrieben, und die Schubkraft muß die Sohlenreibung und den stirnseitigen Widerstand überwinden. Während des Schubes kann der Gesamtwiderstand so weit ansteigen, daß in der Deckenscholle neue Bruchstrukturen entstehen. Die tektono-mechanische Analyse sollte klären, wann, wo und wie sich diese Bruchvorgänge in einer hinreichend idealisierten Deckenscholle abspielen würden.

Wie im unteren Teil der Abb. 4 gezeigt, idealisieren wir die im oberen Teil schematisch dargestellte Deckenscholle noch etwas weitergehend und betrachten einen

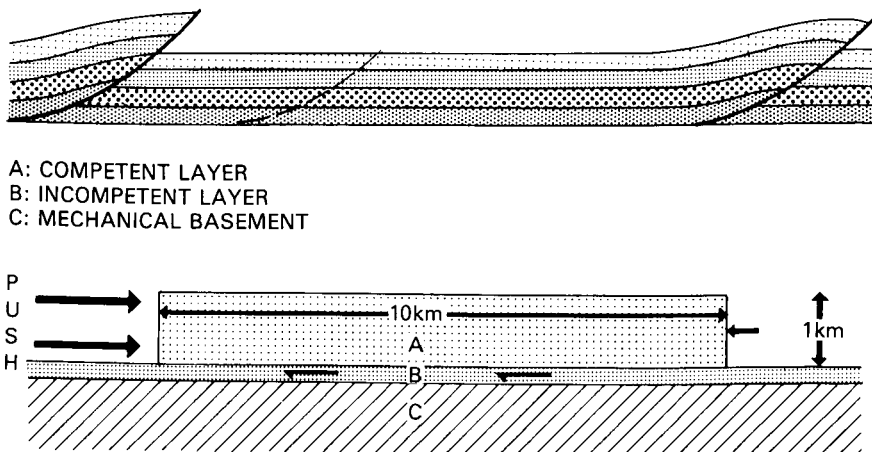


Abbildung 4:
Deckensohle auf Gleitschicht (schematisch).

Testblock mit rechteckigem Längsschnitt, 10 km Länge und 1 km Höhe. Der Block erstreckte sich in der Breite hinreichend weit, so daß die Verformungen als eben betrachtet werden dürfen. Überdies sei das homogene Material, aus dem der Block besteht, so spröde, daß es unter kompressiver Belastung eher zu Scherbrüchen als zu Faltungen kommt. Diese Annahme trifft in der Natur tatsächlich häufig zu.

Der allererste Schritt in der mechanischen Analyse unseres Deckenblockes ist die Bestimmung des elastischen Spannungsfeldes für den ebenen Verformungszustand. An diese Aufgabe hat sich als erster W. Hafner herangemacht (Bull. geol. Soc. Am. **62**, 1951, 373–98), dessen Analyse Eingang in die Textbücher der Strukturgeologie gefunden hat. Hafner bediente sich dabei der ‚inversen‘ Methode, d.h. er wählte aus der Klasse von Lösungen, die sich nach Wahl eines einfachen Polynomansatzes für die Airy'sche Spannungsfunktion herleiten lassen, jene Spannungsfelder aus, die geologisch sinnvoll erscheinende Randbedingungen bestimmen. Abb. 5a) zeigt typische Randbedingungen der Hafner'schen Lösungen. Charakteristisch sind vor allem der konstante Stützdruck an der Deckensohle und die geologisch weniger sinnvoll anmutenden Schubspannungen an Stirn- und Rückseite. Die Horizontaldruckspannung an der Rückseite nimmt nur wenig mit der Tiefe zu.

Beim Betrachten der Hafner'schen Randbedingungen drängt sich einem die Frage auf, ob die Natur es uns wirklich so bequem gemacht hat, gerade jene Randbedingungen zu verwirklichen, die wir beim Durchblättern eines Lehrbuches der Elastizitätstheorie antreffen können; und weiters, welchen Einfluß Abweichungen von den Hafner'schen Randbedingungen auf das Spannungsfeld im Innern des Deckenblockes haben werden. In unserer Geomechanischen Abteilung wurden daher noch weitere Problemtypen untersucht, deren Randbedingungen in Abb. 5b–f) dargestellt sind.

In Abb. 5b) ruht der Deckenblock auf einem geschichteten, ideal-plastischen Substratum. Die Sohlenspannungen entsprechen dem Spannungszustand in einem ideal-plastischen (v. Mises) Streifen unter einfacher Scherung durch den horizontal bewegten Block (Mandl, G. & Shippam, K. G. in ‚Thrust and Nappe Tectonics‘ ed. by K. R. McClay & N. J. Price, Geol. Soc. Special Publ. No. 9, London, 1981; pp. 79–97). Der Stützdruck steigt in Überschiebungsrichtung leicht an und liefert so das Kraftmoment, welches ein Vornüberkippen des angeschobenen Blockes verhindert. Die vertikalen Seiten sind schubspannungsfrei. Die Annahme eines plastischen Substratums ist durchaus realistisch, wie die Inspektion verschiedener Deckensohlen gezeigt hat. Eine ganz andere Situation ist in Abb. 5c) dargestellt, wo der Block in reibendem Kontakt auf einer starren Unterlage aufliegt und unter Einfluß der Antriebsspannung erst in einem Teilgebiet den Reibungswiderstand überwunden hat, wie es etwa dem Ablösungsvorgang einer Decke entspricht. Im Gegensatz zu den in Abb. 5a–c) dargestellten Fällen werden in Abb. 5d–f) dem Block an seiner Rückseite Horizontalverschiebungen aufgezwungen. In Abb. 5d) ruht der Block wieder auf ideal-plastischer Unterlage, in Abb. 5e) auf einer elastisch-reibungsplastischen (Coulomb-plastischen) Unterlage, und in Abb. 5f) auf einem starren oder elastischen Substratum.

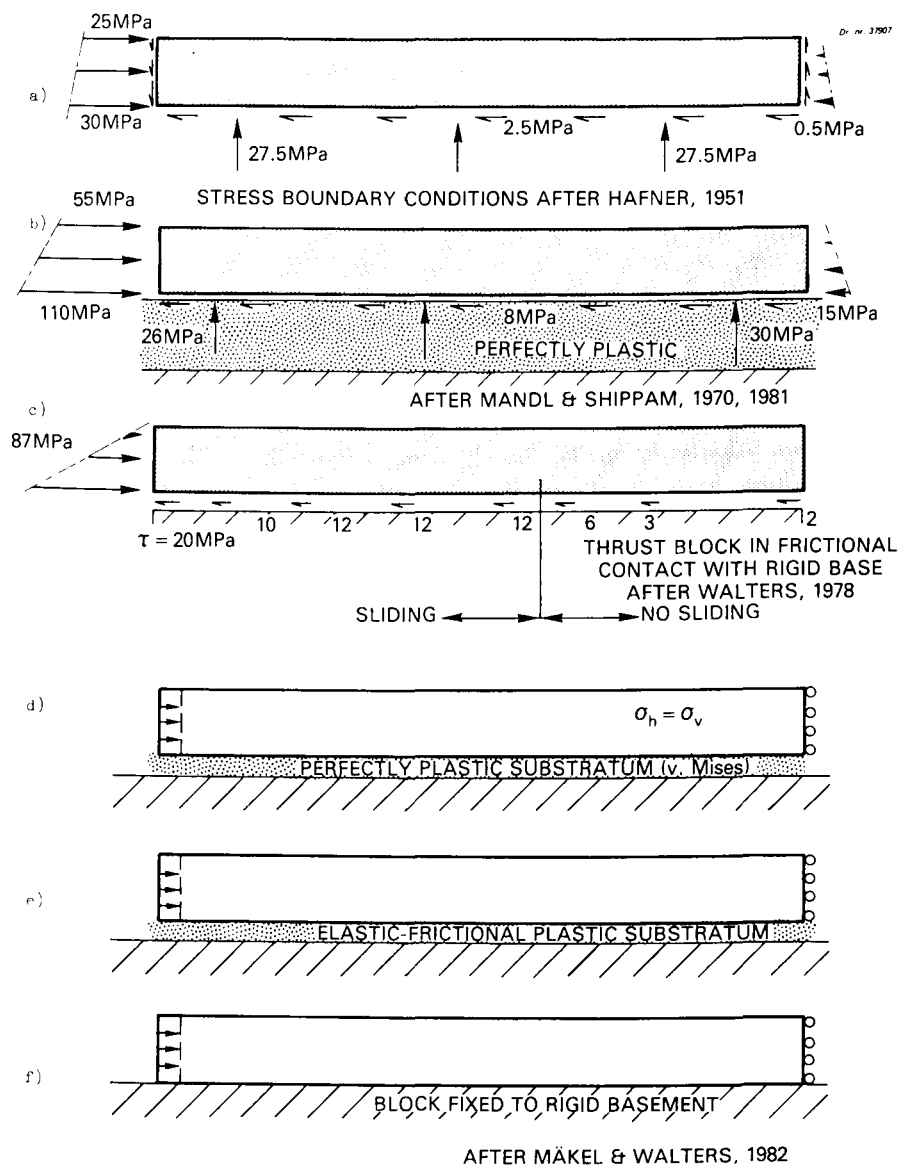


Abbildung 5:
Mechanische Problemstellungen für angeschobenen Deckenblock.

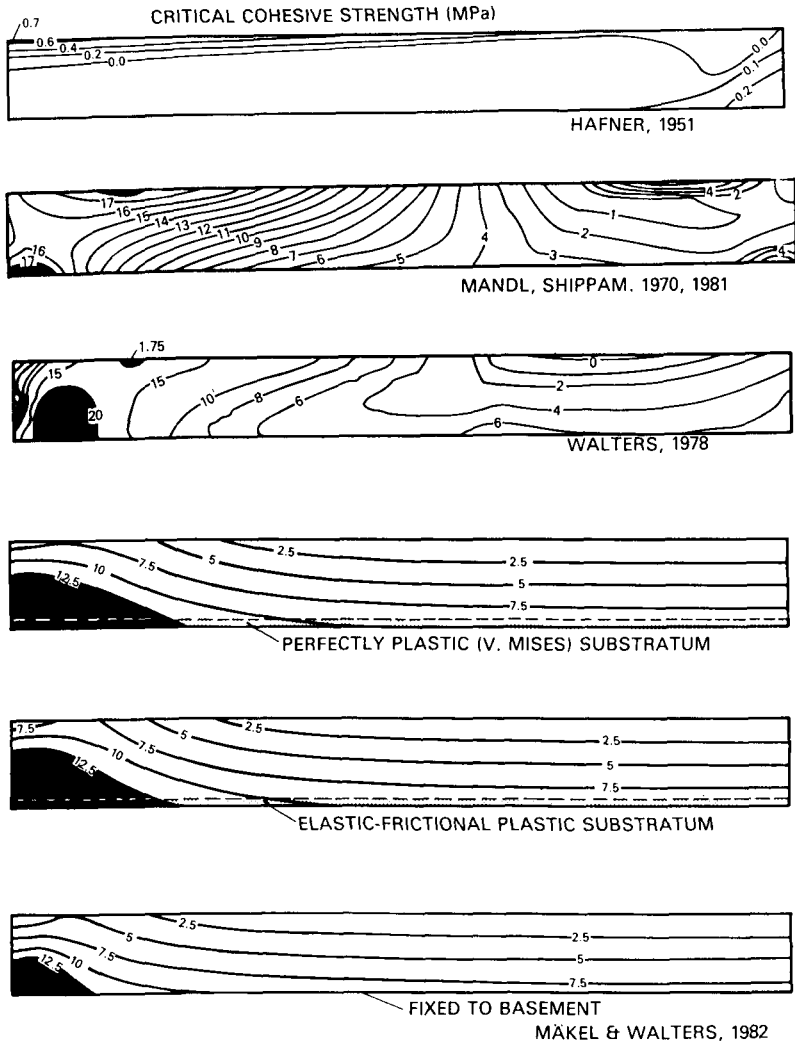


Abbildung 6:
 Konturen minimaler Kohäsionsfestigkeiten für bruchlose Verformung.

Die Spannungsanalysen wurden mittels der Methode der finiten Elemente durchgeführt, wobei in den drei letzten Fällen auch die Entwicklung reibungsplastischer Scherzonen verfolgt wurde, worauf wir noch später zurückkommen werden.

Hier interessiert uns nur ein einziger Aspekt der Spannungsanalyse, nämlich der Wert der Scherfestigkeit, den das Gestein an jeder Stelle des Deckenblockes mindestens besitzen muß, um dem dort herrschenden Spannungszustand noch bruchlos widerstehen zu können. Da sich der druckabhängige Anteil der Scherfestigkeit sofort aus den Spannungen berechnen läßt, bleibt als Unbekannte nur der druckunabhängige, Kohäsionsanteil, der für bruchlose Verformung mindestens erforderlich ist.

Die errechneten Sollwerte der kohäsiven Scherfestigkeit sind in Abb. 6 in Reihenfolge der Randbedingungen von Abb. 5 konturiert und in MPa angegeben. Stellen deutlicher Maxima sind schwarz markiert. Wie man sieht, fällt Hafners Lösung vollkommen aus der Reihe und zeigt größte Bruchgefahr für die linke obere Ecke an, was lediglich ein oberflächliches ‚Absplittern‘ erwarten läßt. Bei den übrigen Analysen (Abb. 6b,c) mit vorgeschriebenen Randspannungen beginnt der Bruchvorgang an einer wohlbestimmten Stelle der Oberfläche und in der linken unteren Ecke. Bei vorgeschriebener Endverschiebung (Abb. 6d–f) besteht die größte Bruchgefahr in einem größeren Gebiet an der linken unteren Ecke.

Was zeigt uns der Vergleich der verschiedenen Modelle für diesen relativ einfachen tektonischen Vorgang?

Wohl genau das, was Geologen intuitiv zur Kritik und Ablehnung theoretisch-mechanischer Modelle tektonischer Phänomene bewogen hat – und was L. Müller, Salzburg, bereits 1948 klar ausgedrückt hat – daß es nämlich nicht sachgemäß ist, fertige analytische Lösungen aus der Technischen Mechanik auf die Tektonik zu übertragen, da der diesen Lösungen entsprechende Vorrat an Randbedingungen viel zu gering ist, um den breiten Bereich geologisch möglicher Randbedingungen erfassen und sondieren zu können.

Sachgemäße tektonomechanische Studien erfordern vielmehr die Möglichkeit, mit Rand- und Anfangsbedingungen, mit Materialparametern, und sogar mit den Stoffgesetzen selbst, zu experimentieren. Diese Möglichkeiten waren erst mit der Entwicklung schnellerer und leistungsfähigerer Computer und den damit einhergehenden Verbesserungen der numerischen Methoden gegeben. Im Vordergrund steht hier die wegen ihrer enormen Flexibilität aus den Ingenieurwissenschaften nicht mehr wegzudenkende Methode der finiten Elemente, deren erste Anwendungen in der Strukturgeologie Ende der sechziger Jahre erschienen. Damals war von H. Malina (1969, Veröff. Inst. Bodenmech. Felsmech. Univ. Karlsruhe, **40**, 1–89) in Prof. L. Müllers Institut ein Programm für felsmechanische Aufgaben entwickelt worden, mit dem H. Bock die Entstehung von sekundären Scherbrüchen simulieren und tektonische Restspannungen berechnen konnte (1971, *Rock Mechanics*, **3**, 225–238). Seither hat die Zahl tektonischer Studien, welche auf der Methode der finiten Elemente beruhen, dramatisch zugenommen. Es seien hier nur die interessanten Arbeiten von H.J. Neugebauer und Mitarbeitern zur Entstehung kontinentaler Riftsysteme erwähnt (z.B. *Geol. Rundschau*, **70**, 231–43; 1981), die eine theoretische Begründung der

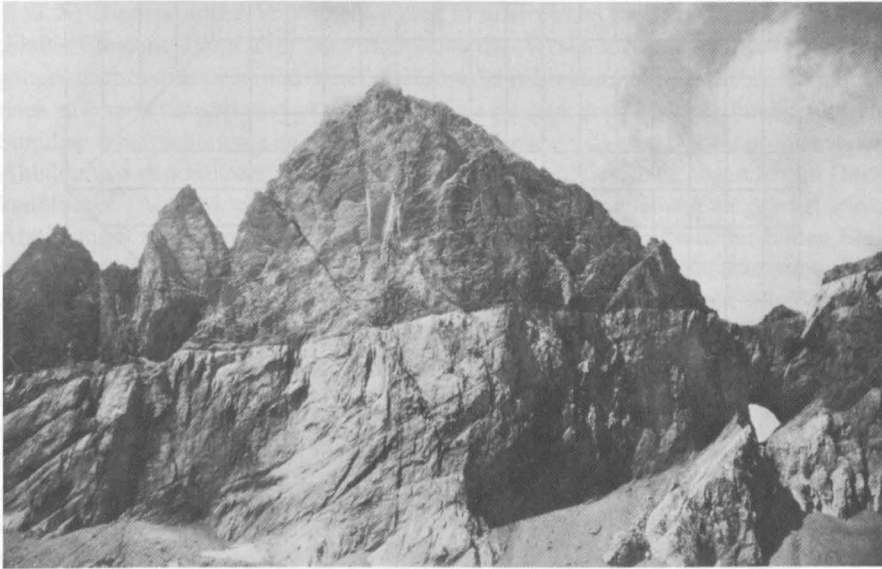


Abbildung 7:
Glarner Decke (Schweiz) mit Tschingelhörnern und Überschiebungsfläche
an der Oberseite des Malmkalkes.

Cloos'schen Grabenentstehungstheorie („Hebung – Spaltung – Vulkanismus“) erbrachten.

Wesentliche Voraussetzung für die numerische Simulation tektonischer Verschiebungsbrüche ist die Einbeziehung der Scherentfestigung des Gesteins als Folge von Auflockerung, Kornorientierung, Kornbruch, Wachsen von Mikrorissen oder Klüften, Katakklasis, ‚pressure solution‘ und dgl. Diese, mit der Scherverformung einhergehende Reduktion der Scherfestigkeit, ist die Hauptursache der auffälligen Konzentration des Schervorganges auf schmale Zonen oder Bänder – ja sogar auf Gleitflächen. Zur Illustration dieses Phänomens zeigt Abbildung 7 die Überschiebungsfläche der Glarusdecke (Schweiz).

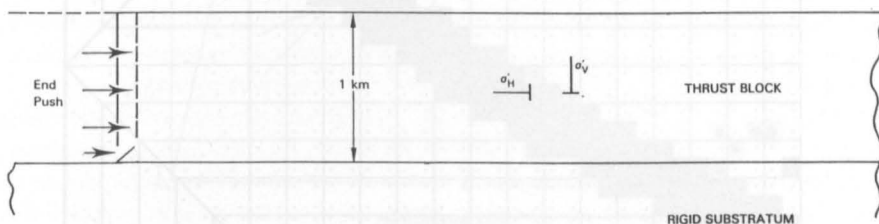


Abbildung 8:
Deckenblock auf starrer Unterlage.

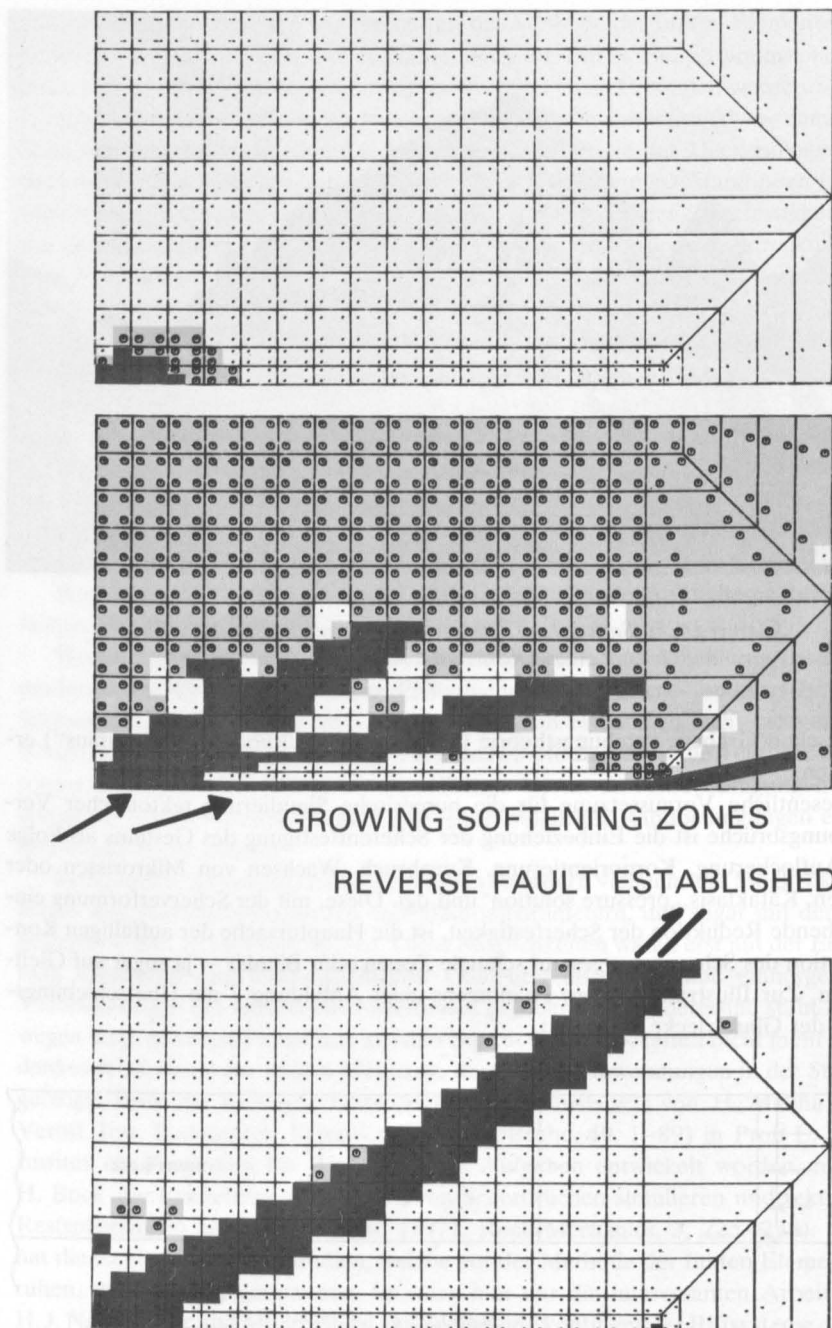


Abbildung 9:

Entwicklung einer Aufschiebung im rückwärtigen Teil des Deckenblockes von Abb. 8 nach 0.5, 3.75 und 5.5 m Verschiebung der Endfläche; Punkte (in weißem Gebiet), Kreise und Kreuze deuten jeweils elastischen, plastischen und entfestigten Zustand des Materials an (Mäkel, 1981).

J.N. Thomas und J.V. Walters haben in unserer Geomechanischen Gruppe ein „Finite Element“-Programm entwickelt, das das Wesentliche des Enfestigungsvorganges nachzuvollziehen und damit die Entwicklung tektonischer Scherbrüche numerisch zu simulieren gestattet. Als Beispiel einer solchen, von G. Mäkel durchgeführten Simulation betrachten wir im Anschluß an die bereits erwähnten Deckenprobleme der Abbildung 5 den Fall des noch nicht von einer starren Unterlage abgesicherten Deckenblockes (Abb. 8), dem nun schrittweise eine Endverschiebung aufgeprägt wird. Abbildung 9 zeigt den rückwärtigen Teil des Blockes mit dem Netz der finiten Elemente und drei Momentaufnahmen der Scherzonenentwicklung. Wie man sieht, führt erst der dritte „Anlauf“ einer Scherzonenbildung zu einer den ganzen Block durchschneidenden, leicht gekrümmten Aufschiebungsbahn.

Das der Scherzonensimulation zugrunde liegende Materialverhalten ist im Spannungs/Verformungs-Diagramm der Abbildung 10 (Diagramm der Oktaederschubspannung und Oktaederscherrung) dargestellt. Der Abschnitt I bis II der Spannungs/Verformungs-Kurve entspricht linear elastischem Stoffverhalten; ab II beginnt in zunehmendem Maße plastische Verformung wirksam zu werden, wobei Energie durch Kornreibung, Kornbruch, Wachsen von Mikrorissen, Auflockerung und dergleichen dissipiert wird. Hierbei verfestigt sich das Material noch etwas. Bei III ist der Grenz-

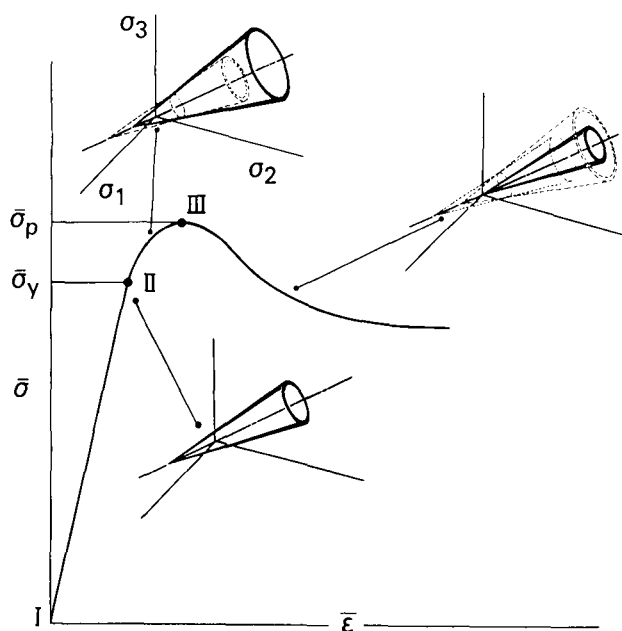


Abbildung 10:

Spannungs-Deformations-Diagramm für sprödes Gestein ($\bar{\epsilon}$ Oktaederscherrung, $\bar{\sigma}$ Oktaederschubspannung); zugehörige Grenzkegel im Hauptspannungsraum.

spannungszustand erreicht ('peak stress'), und weitere Verformung geht nun Hand in Hand mit Entfestigung des Materials und einer entsprechenden Abnahme der Schubspannung. Als Bedingung für das Einsetzen plastischer Verformung wurde die Drucker'sche Fließbedingung gewählt, die sich bekanntlich im Hauptspannungsraum als Kegel präsentiert, dessen Achse die Raumdiagonale ist. Verfestigung und Entfestigung werden nach Belieben vorgeschrieben durch Erweitern oder Schrumpfen des Grenzkegels in Abhängigkeit von der integrierten Scherverformung, wie in Abbildung 10 schematisch dargestellt ist. Verminderung der kohäsiven Scherfestigkeit äußert sich als Verschiebung der Kegelspitze (– im Programm abgerundet –) zum Ursprung hin. Die Entfestigung ist also derzeit noch als ein rein isotroper Prozeß behandelt.

IV. Die Kombination von Experiment und Computersimulation

Die Computersimulation von inelastischen Prozessen der geschilderten Art eröffnet zweifelsohne eine neue Phase in der mechanischen Analyse tektonischer Prozesse. Dies, und vor allem die Leichtigkeit, mit der sich in kontrollierter Weise Randbedingungen und Materialparameter ändern lassen, kann dazu verführen, den tektonischen Modellversuchen den Abschied zu geben und das Computereperiment ganz an ihre Stelle treten zu lassen. Durch Erfahrung wurden wir jedoch eines Besseren belehrt, wie das folgende Beispiel illustrieren möge.

Der tektonische Stil des zentralen Nordseegrabens ist von Inversion geprägt, d. h. von der Aufeinanderfolge von Absenkung und Hebung einzelner Schollen. Hierbei stellt sich uns das folgende, im oberen Diagramm der Abbildung 11 stark vereinfacht dargestellte Problem: Ein dickes Sedimentpaket ruht auf einer Unterlage stark verfestigten Gesteins (mindestens devonischen Alters). Dieses 'Basement' ist von Brüchen in lange Blöcke zerteilt, wovon einer im Querschnitt in der Abbildung dargestellt ist. Welche tektonischen Verschiebungsbrüche wird nun die Hebung eines solchen Blockes in der Sedimentdecke erzeugen? Im unteren Teil der Abbildung 11 ist das Netz der finiten Elemente gezeigt (mit jeweils vier Integrationspunkten). Aus Symmetriegründen beschränkt sich die Berechnung auf eine Hälfte des Sedimentpaketes. Als Beginnzustand der Effektivspannungen im Sedimentkörper wird angenommen, daß die Horizontalspannungen 70% des effektiven Überlagerungsdruckes betragen.

Um die Entwicklung von plastischen Scherzonen verfolgen zu können, benötigt man neben der bereits erwähnten Grenzbedingung auch Fließgesetze, die den Zusammenhang zwischen den (Deviator-)Spannungen und den inkrementellen Formänderungen beschreiben. Während für das elastisch-plastische Verhalten metallischer Werkstoffe solche Fließgesetze wohlbekannt, erprobt und allgemein akzeptiert sind, liegen in der Boden- und Felsmechanik die Verhältnisse etwas anders. Wegen der Druckabhängigkeit der Scherfestigkeit von Böden, Locker- und Festgesteinen können die Fließgesetze der Metallplastizität nicht ohne weiteres übernommen werden. Ihre Modifikation in Bezug auf reibungsplastisches Stoffverhalten hat zu unterschiedlichen und kontroversiellen Formulierungen geführt, weswegen es J. V. Walters und J. N.

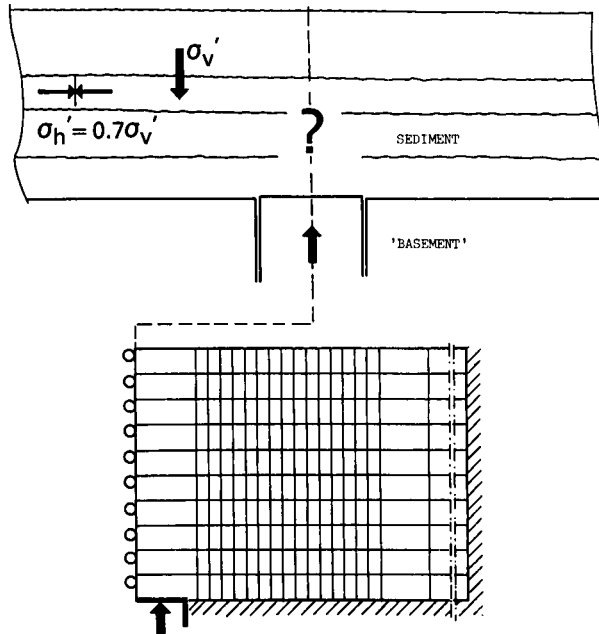


Abbildung 11:
Vertikale Hebung eines Basementblockes und Netz der finiten Elemente.

Thomas angebracht erschien, unser Problem mit verschiedenen Fließgesetzen anzugehen („Shear zone developments in granular materials“, Proc. 4th Int. Conf. on Numerical Methods in Geomechanics, ed. Z. Eisenstein; pp. 263–74, Edmonton 1982).

Das älteste und vielleicht eleganteste Fließgesetz wurde 1952 durch D.C. Drucker und W. Prager in die Bodenmechanik eingeführt. In engster Analogie zur Mises'schen Plastizitätstheorie wird es aus der Grenzbedingung abgeleitet („Plastisches Potential“) und wird daher ein „assoziertes“ Fließgesetz genannt.

Abbildung 12 zeigt drei Stadien in der Entwicklung plastischer Zonen, wobei an den mit Kreuzen markierten Integrationspunkten das Material bereits den Grenzzustand erreicht und Entfestigung eingesetzt hat. Nach fünf Hebungsschritten zeigt sich bereits an der Ecke des aufsteigenden Blockes der Beginn einer plastischen Zonenentwicklung, während sich an der freien Oberfläche über dem aufsteigenden Block die Bildung einer untiefen, plastischen Dehnungszone (Graben) ankündigt. Auffallend ist, wie zwischen dem 30. und 45. Hebungsschritt die voll entwickelte plastische Zone entfesteten Materials über die ruhende Scholle einschwenkt. Noch deutlicher wird dies, wenn man die Versetzungen betrachtet, die das Material während eines Hebungsschrittes erfährt. In Abbildung 13 sind die absoluten Beträge dieser Versetzungsinkremente konturiert. Man sieht, wie aus dem anfänglich diffusen

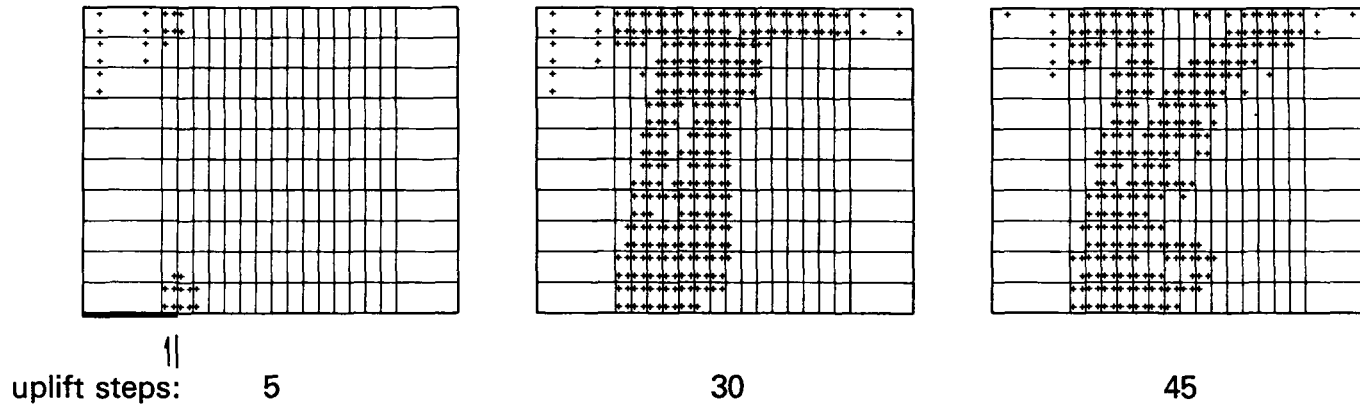


Abbildung 12:

Entwicklung entfesteter plastischer Scherzonen nach J. V. Walters und J. N. Thomas (1982); Berechnung mittels assoziiertem Fließgesetz und Entfestigung durch Reduktion der inneren Reibung; (anfängliches Verhältnis von Horizontal- zu Vertikaldruckspannungen: 0.7).

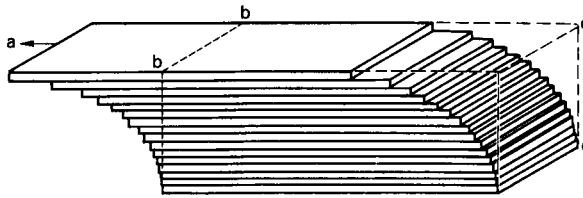


Abbildung 14:
Inhomogene, einfache Scherung (schematisch).

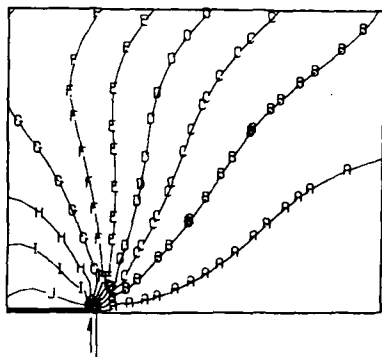
Versetzungsfeld eine deutliche Bündelung von Linien gleicher Versetzungsbeträge entsteht. Der Verformungsprozeß konzentriert sich also auf eine schmale Zone, die schließlich aus fast vertikaler Position heraus eine über die ruhende Scholle geneigte Stellung annimmt. Der parallele Verlauf der Konturlinien bedeutet natürlich, wie ein Vergleich mit der schematischen Darstellung in Abbildung 14 zeigt, daß die Verformung den Charakter einer einfachen Scherung hat, also als Verschiebungsbruch in statu nascendi gedeutet werden darf.

Vergleichen wir nun das numerische Resultat mit dem Modellexperiment. Bei diesem Experiment ruht ein sorgfältig sedimentiertes Sandpaket mit horizontalen Markierungsstreifen auf einem Untergrund, aus dem ein einzelner Block durch einen Motor langsam in vertikaler Richtung in das Sandpaket gedrückt wird. Vorder- und Rückseite dieser von F. Lehner entwickelten Sandbox bestehen aus dicken Glasplatten, durch die man die Verformungen des Sandpaketes beobachten kann. Abbildung 15 zeigt den typischen Verlauf eines solchen Versuches. Die Aufschiebungen stimmen der Form nach recht gut mit den errechneten überein, die Reihenfolge ihrer Entstehung ist jedoch gerade umgekehrt.

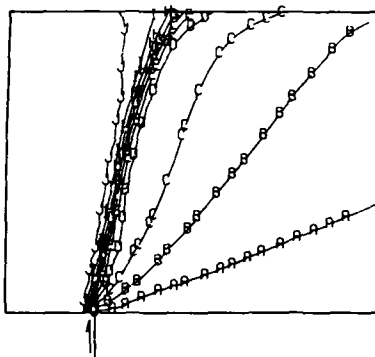
Die Vermutung liegt nahe, die Ursache dieser Diskrepanz im verwendeten Fließgesetz zu suchen. Nun hat bekanntlich das Drucker-Prager'sche Fließgesetz die unerwünschte Eigenschaft, daß es eine der Scherverformung proportionale Volumenvergrößerung impliziert, die natürlich die tatsächlich stattfindende Auflockerung des Gesteins weit übertrifft und entsprechend unrealistische Spannungsumlagerungen verursachen dürfte. Thomas und Walters ersetzten daher das Drucker-Prager'sche Fließgesetz durch ein nicht-assoziertes, bei dem unabhängig von der Grenzbedingung ein realistischeres Dilatanzverhalten des Materials vorgeschrieben werden kann. Wie Abbildung 16 zeigt, wurde damit auch hinsichtlich der zeitlichen Abfolge der Scherzonenentwicklung vollständige Übereinstimmung mit dem Experiment erzielt.

Das Materialgesetz wurde also gewissermaßen mit Hilfe des Experiments geeicht, was die Unentbehrlichkeit des Experiments wohl hinreichend illustriert.

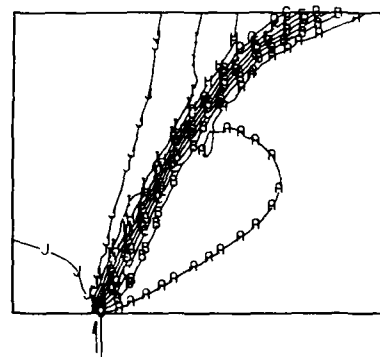
Nachdem Berechnung und Experiment in Einklang gebracht waren, erhob sich die Frage nach der Übereinstimmung mit dem großmaßstäblichen, tektonischen Phänomen. Kommen die bogenförmigen ‚Vorläuferverschiebungen‘ in der Natur überhaupt vor? Überraschenderweise ergab eine Studie, daß diese Strukturen im großen, tektonischen Maßstab seltener vorkommen als unsere Experimente erwarten ließen. Auf



uplift steps: 5



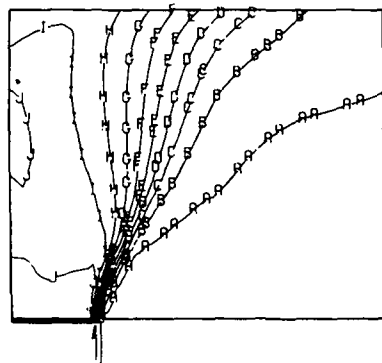
30



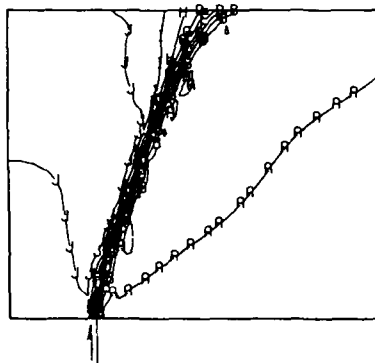
45

Abbildung 13:

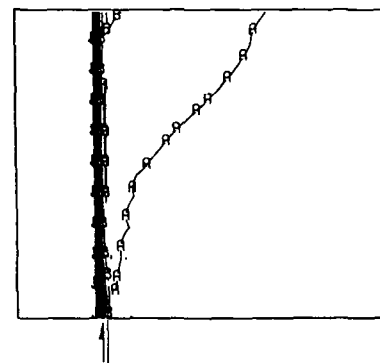
Linien gleicher Absolutbeträge der inkrementellen Materialversetzungen während eines Hebungs-schrittes (assoziertes Fließgesetz); nach J. V. Walters und J. N. Thomas, 1982.



uplift steps: 20



30



90

Abbildung 16:

Linien gleicher Absolutbeträge der inkrementellen Materialversetzungen bei realistischem Dilatanz-verhalten (nicht-assoziertes Fließgesetz); nach J. V. Walters und J. N. Thomas, 1982.

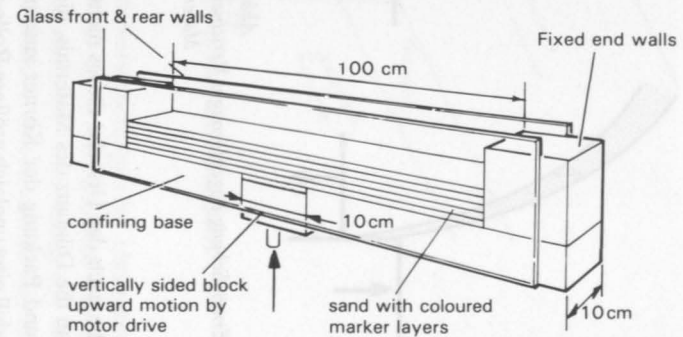
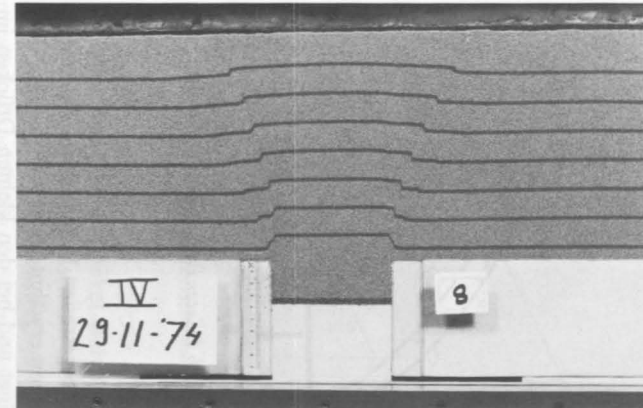
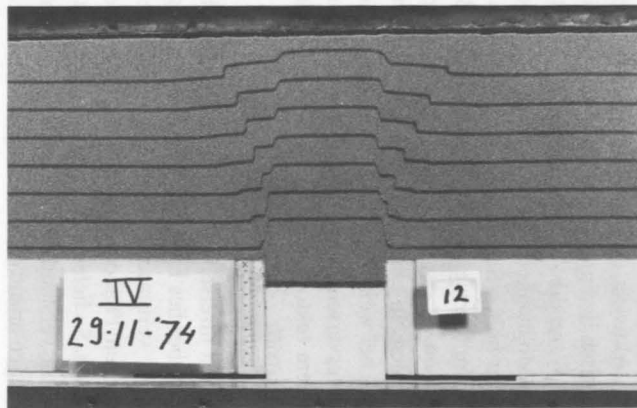
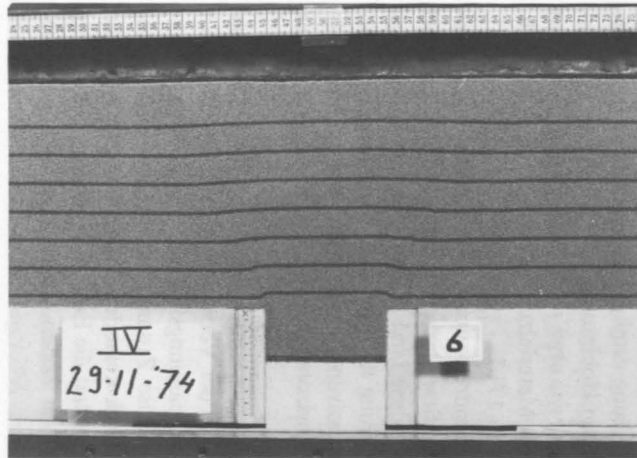


Abbildung 15:
Entwicklung von „Vorläufer“-Verschiebungen im Experiment mit Sand.

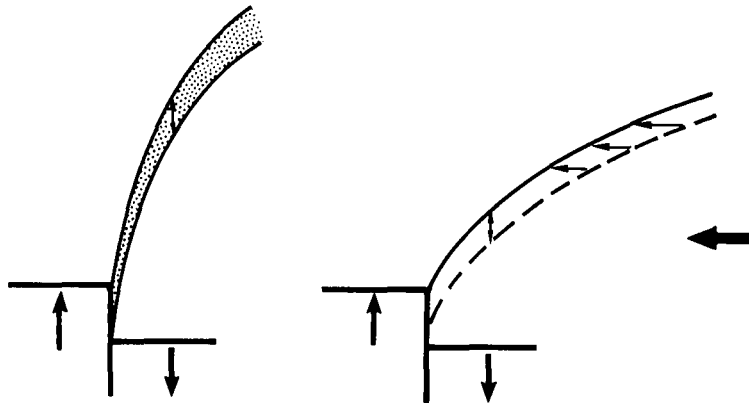


Abbildung 17:
Ermöglichung bogenförmiger Verschiebungen durch Dilatanz oder durch seitlichen Materialzuschub.

der Suche nach der Ursache dieses nicht maßstabsgetreuen Verhältnisses denkt man wieder an die Dilatanz des Materials, die wie schon erwähnt, direkt mit Größe, Verteilung und Packung der Körner zusammenhängt und bei den kleinen Drücken im Sandmodell eine ungleich größere Rolle spielt als unter den in der Natur herrschenden Effektivdrücken. Abbildung 17a) zeigt schematisch, wie Dilatanz in der Scherzone die Aktivität einer bogenförmigen Verschiebung ermöglicht, die ja mit einer kinematisch bedingten Bildung eines spaltförmigen Hohlraums unverträglich ist.

Wenn die Auflockerung unterdrückt wird, wie etwa in größerer Tiefe, besteht nur die Möglichkeit, dieses ‚Raumproblem‘ durch Materialzuschub von der Seite her, d. h. unter hohen Seitendrücken, zu beheben (Abb. 17b).

Im Versuch lassen sich Dilatanz und Seitendruck nur schwer und ungenau beeinflussen. In der Computersimulation können diese Parameter nach Wunsch geändert werden. In einer ausführlichen Parameteranalyse fand Walters dann auch bestätigt, daß bei weitgehend unterdrückter Auflockerung die typischen, bogenförmigen Vorläuferverschiebungen nur in einem kompressiven Regime operieren können – in einem tektonischen Regime also, wo der Horizontaldruck den Überlagerungsdruck übertrifft.

Die Computersimulation wird also nicht nur vom Sandexperiment ergänzt, sie grenzt ihrerseits auch den Anwendungsbereich der Versuchsergebnisse ab. Sie liefert uns überdies Einsicht in die Entwicklung des Spannungsfeldes, das tektonische Strukturen verursacht, und enthüllt auf diese Weise Zusammenhänge zwischen tektonischen Phänomenen, die auf den ersten Blick keinerlei Zusammenhang vermuten lassen. So liefert das soeben besprochene Resultat die Erklärung für eine bisher wohl kaum verstandene Strukturform, die häufig in Zonen tektonischer Seitenverschiebungen anzutreffen ist.

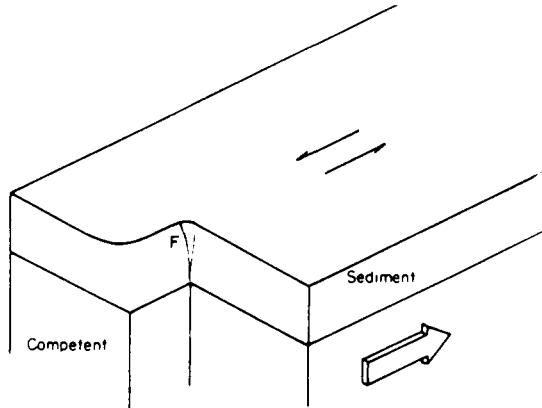


Abbildung 18:
Horizontalverschiebung im Untergrund eines Sedimentpaketes.

Wenn ein Sedimentpaket durch Horizontalverschiebungen im Untergrund verformt wird, wie schematisch in Abbildung 18 gezeigt ist, so entwickelt sich im Sedimentpaket zunächst keineswegs eine durchlaufende, zur aufgezwungenen Scherung parallele Bruchfläche, sondern gestaffelte Scherbrüche. Diese, bereits von H. Cloos und W. Riedel in den späten zwanziger Jahren in Versuchen mit Ton entdeckten Bruchstrukturen, verlaufen an der Oberfläche quer zum Streichen der Verschiebungen im Untergrund (Abb. 19). Obwohl diese Scherversuche von vielen und in vielerlei Varianten wiederholt worden sind, wurde dem Verlauf dieser Staffelbrüche in der Tiefe wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Wegen der Bedeutung dieser Strukturen für

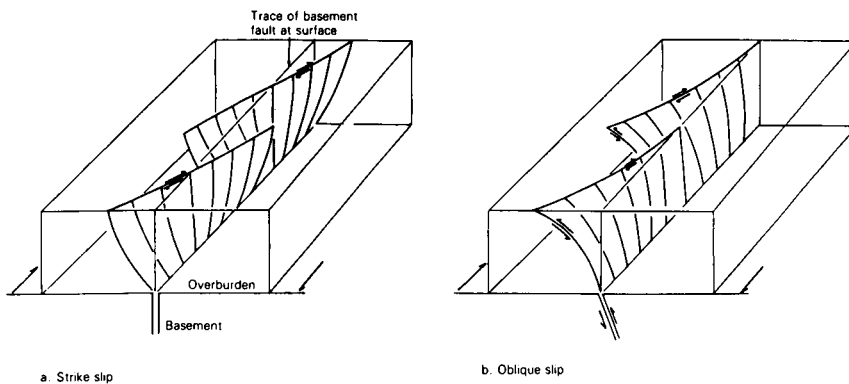


Abbildung 19:
Riedel'sche Scherbrüche (schematisiert nach Experimenten);
a) bei reiner Horizontalverschiebung, b) bei zusätzlicher Auftriebskomponente (Naylor, 1981).

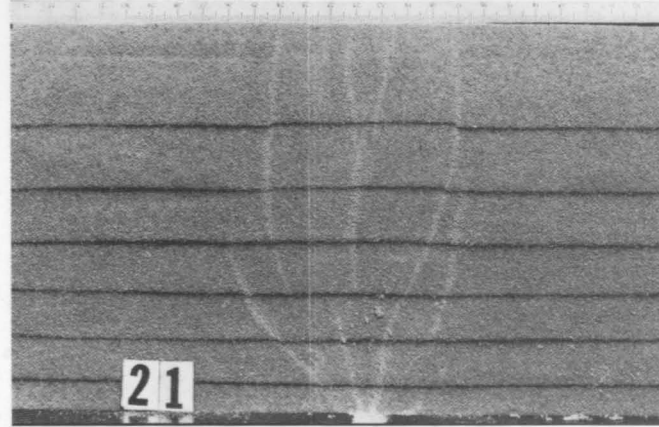
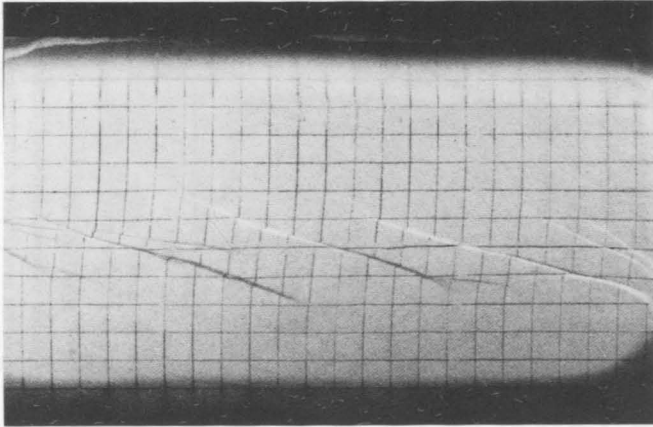


Abbildung 20:

Riedel'sche Scherbrüche im Sandexperiment:

a) Bruchstrukturen an der Oberfläche, b) typische 'Tulpen'-Struktur im Querschnitt (Naylor & Horsfield, 1979).

die Ölindustrie haben in unserer Geomechanischen Gruppe W.T. Horsfield und M. A. Naylor in einer großen Anzahl von Scherversuchen mit Sand die dreidimensionale Gestalt dieser ‚Riedelschen Scherbrüche‘ studiert. Hierbei ergab sich, daß bei rein horizontaler Verschiebung im Untergrund die Riedelschen Brüche die in Abbildung 19a) schematisch gezeigte ‚Pflugscharform‘ annehmen, nach oben also konkav gekrümmt sind. Im Vertialschnitt quer zur Verschiebungsrichtung im Untergrund erinnern die beobachteten Spuren der einander überlappenden Brüche im gesicherten Sandpaket an eine Tulpe (Abb. 20). Im Gegensatz zu dieser ‚Tulpenstruktur‘ zeigen jedoch seismische Querprofile von Horizontalverschiebungszonen häufig nach oben zu konvexe, also flacher werdende Verschiebungsflächen – in der amerikanischen Literatur deswegen manchmal ‚Palmtree‘-Strukturen genannt.

Worauf läßt sich die unterschiedliche Gestalt von ‚Tulpen‘- und ‚Palmen‘-Strukturen zurückführen?

Unsere Studie der Entstehung von konvexen Vorläuferstrukturen bei der Hebung eines Basementblockes gibt einen Hinweis: Bei unterdrückter Dilatanz konnten diese Strukturen nur entstehen, wenn in der Sedimentdecke die zum Streichen der Basementbrüche senkrechte Horizontaldruckspannung den Überlagerungsdruck übertraf. Gerade dies wird bei Horizontalverschiebungen häufig zutreffen, vor allem wenn die Basementbrüche etwas geneigt sind und der Horizontalverschiebung eine Aufschiebungskomponente überlagert wird, wie es in Abbildung 19b) skizziert ist. Die damit verbundene seitliche Einengung der Sedimentdecke läßt erwarten, daß die mit der Horizontalverschiebung einhergehende Anhebung des Untergrundes den Riedelschen Scherflächen eine nach oben konvexe Form aufprägt. Dies wird vom Experiment voll bestätigt, wie die schematisierte Darstellung der experimentellen Resultate in Abbildung 19b) zeigen soll.

Blicken wir am Ende dieser Ausführungen auf die im Titel gestellte Frage zurück, so hoffen wir an Hand von einigen Beispielen zweierlei gezeigt zu haben: Erstens, daß für die kritische, ja ablehnende Haltung, die die tektonomechanische Forschung in der Vergangenheit von geologischer Seite erfahren hat, sachliche – wenn auch nicht ausreichende – Gründe angeführt werden können. Zweitens, daß diese Gründe heute nicht mehr gelten angesichts der Möglichkeiten, welche die Computersimulation tektonischer Prozesse in Kombination mit Modellexperimenten, mechanischer Theorie und Feldstudien bietet. Das Erfolgsrezept liegt m.E. in der umsichtigen Synthese dieser, sich wechselseitig ergänzenden und korrigierenden Methoden.

Das Pendeln zwischen Geotechnik und Geomechanik – dargestellt anhand von Flachgründungen und Bettungsmoduln *) –

Von **Gerd Gudehus**, Karlsruhe

Zusammenfassung

Am Beispiel von Flachgründungen wird gezeigt, welche Aufgaben die Geotechnik zu erfüllen hat. Die Geomechanik wird anhand des sog. Bettungsmoduls vorgestellt. Die Wechselwirkung zwischen beiden Gebieten, die man als Pendeln bezeichnen kann, wird zunächst für Sandboden, anschließend auch für Tonschichten geschildert. Es zeigt sich, daß Bettungsmoduln zur Rechtfertigung alter Bauregeln dienen können und auch im Lichte der modernen Bodenmechanik ihr Daseinsrecht behalten. Diese Wechselbewegung ist kennzeichnend für holistisches und reduktionistisches Denken, auf das am Schluß allgemeiner eingegangen wird. Die verbreitete Trennung beider Denkweisen ist weder notwendig noch nützlich.

Worum es geht

Bild 1 zeigt – längs und quer aufgeschnitten – ein Bauwerk auf einem Baugrund. Der Baugrund bestehe aus Sand-, Ton- und Kiesschichten, gefüllt mit Grundwasser, und ab irgendeiner Tiefe aus Fels. Der Deutlichkeit halber werden wir diesen Schichtverlauf später noch weiter vereinfachen. Das Bauwerk sei ein Hochbau – auf dem Bild im Erdgeschoß abgeschnitten – mit Wänden und Stützen. Zur Vereinfachung wollen wir uns später gelegentlich statt dessen nur einzelne Stützen vorstellen.

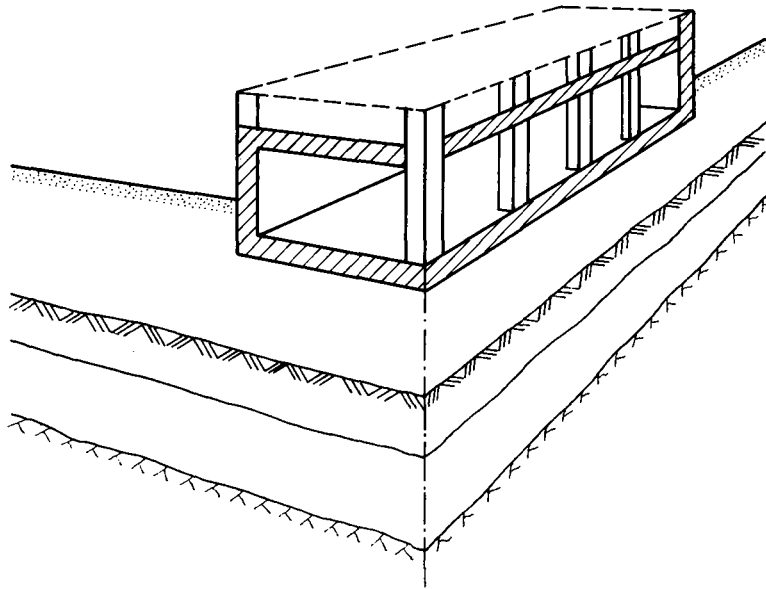
Der Hochbau sei flach gegründet, d. h. er reiche kaum tiefer in den Boden als sein Keller. Die **Flachgründung** bestehe aus einer Platte – so im Bild –, Einzel- oder Streifenfundamenten. Sie ist so zu bauen, daß

- A) der Hochbau nicht durch Nachgeben der Fundamente Schaden nimmt,
- B) die Kosten für Herstellung und Erhaltung möglichst gering sind.

Wie immer in der Technik werden also Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gefordert. Da es sich hier um das Bauen in und mit Erde handelt, spricht man auch von **Geotechnik**; dieses Wort hat sich seit etwa 30 Jahren international durchgesetzt.

Zum Entwerfen der Flachgründung muß man die Nachgiebigkeit des Baugrundes so beschreiben, daß

*) schriftliche Fassung eines Vortrags am 6. 5. 1983



*Bild 1:
Flachgegründeter Hochbau auf geschichtetem Baugrund*

- C) die Wirklichkeit genau genug eingefangen ist,
- D) der damit verbundene Aufwand möglichst gering ist.

Dies fordert man immer von einem mechanischen Modell, wenn es technisch nützen soll. Es gehört hier zu den Aufgaben der **Geomechanik**, ein solches zu liefern. Dieser Boden- und Felsmechanik umfassende Begriff, der schon vor 40 Jahren von H. Cloos und L. Müller benutzt wurde, setzt sich seit etwa 10 Jahren international durch.

Die oben aufgezählten vier Forderungen lassen sich als Extremwertaufgabe formulieren. Als Maß für die Sicherheit (A) dient das Produkt aus der Geldsumme und der Wahrscheinlichkeit des Versagens (hier: der Flachgründung), bezogen auf die vorgesehene Lebensdauer, also eine theoretische Versicherungsprämie. Sie richtet sich – ebenso wie die Bau- und Erhaltungskosten – nach der Zuverlässigkeit des mechanischen Modells (C). Der Aufwand zur Beschaffung der Daten und zur Erarbeitung des Entwurfs (D) läßt sich durch eine Geldsumme ausdrücken. Auch der Aufwand zur Gewinnung des mechanischen Modells (C) möge sich als Forschungsbeitrag dem Bauprojekt zuordnen lassen.

Es ist nun so zu planen und zu entwerfen, daß die Gesamtkosten minimal werden. Variiert werden können dabei grundsätzlich die Sicherheitsanforderungen (A), die Bauweisen (B), die Modelle (C) und die Planungsmethoden (D). Diese Extremwertaufgabe hat keine logisch strenge Lösung, da die Forderungen A und C untrennbar sind (Popper 1966) und der angemessene Forschungsaufwand (D) sich erst aus der

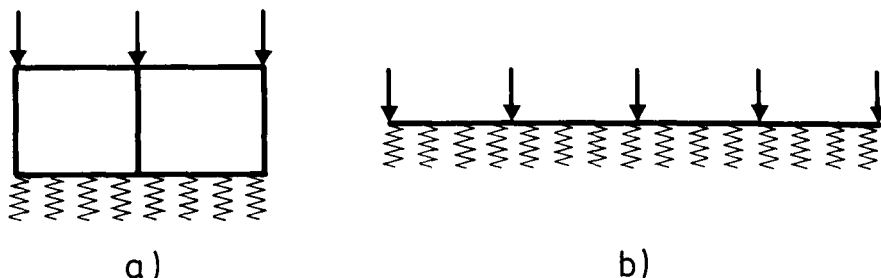


Bild 2:
Idealisierter Querschnitt (a) und Längsschnitt (b) zu Bild 1

Lösung ergibt (Hofstadter 1980). Sie kann aber dabei helfen, die Vorgänge des Forschens, Planens, Entwerfens und Bauens zu ordnen und gegeneinander zu wichten, und darum geht es in diesem Beitrag.

Zurück zur Nachgiebigkeit des Baugrundes. Bild 2 ist eine Abstraktion von Bild 1. Das Fundament des Bauwerks ist im Querschnitt (a) durch einen Rahmen und im Längsschnitt (b) durch einen biegsamen Balken, der Überbau durch Einzellasten ersetzt. Für den Baugrund stehen voneinander unabhängige Federn derart, daß Setzung s und Sohldruck q zueinander proportional sind:

$$q = k_s s. \quad (1)$$

Der sogenannte **Bettungsmodul** k_s soll eine von Baugrund und Bauweise abhängende Kennzahl sein. Wenn k_s – eventuell innerhalb der Grundfläche variabel – bekannt ist, kann man die Fundamente einfach bemessen, wie noch gezeigt werden soll.

Dieses mechanische Modell ist über 100 Jahre alt (Winkler 1867) und nach einer wechselvollen Geschichte noch immer üblich. In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, inwieweit ihm ausgewählte Flachgründungen auf ausgewähltem Baugrund entsprechen. Dieses Hin und Her zwischen Geotechnik und Geomechanik kann man als Pendeln bezeichnen. Zum Schluß wollen wir das Pendeln als Informationstransfer etwas allgemeiner betrachten.

Geotechnik ohne Geomechanik

Die Geotechnik ist viel älter als die Geomechanik, was anhand einiger Beispiele in Erinnerung gerufen werden soll. Um den Vergleich in späteren Abschnitten zu erleichtern, beschränken wir uns auf Sandboden.

Bild 3 zeigt ein Kamel und einen Wolf, also zwei zum Stehen und Gehen in Sand offenbar fähige Tiere. Ihre Füße kann man als Einzelfundamente ansehen, die zweifellos sicher und wirtschaftlich sind. Dafür haben Mutation und Selektion gesorgt, oder: der Baumeister hat sehr viele Varianten geschaffen und erprobt.

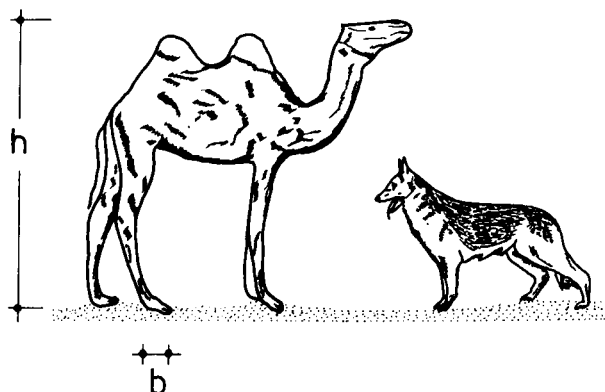


Bild 3:
Sandexperten

Mit ein wenig Ähnlichkeits-Mechanik lassen sich einige Bauregeln im Nachhinein formulieren. Wir sehen, daß Fußbreite b und Höhe h in annähernd konstanter Proportion zueinander stehen:

$$b/h \approx 1/7 \text{ bis } 1/10. \quad (2)$$

Dies gilt auch für kleinere, dem Sand angepaßte Säugetiere, wie z. B. den Hasen. Der mittlere Sohldruck \bar{q} ist proportional zur Höhe h und zur Wichte γ_w :

$$\bar{q}/\gamma_w h \approx 3 \text{ bis } 6; \quad (3)$$

diese Zahlen folgen aus den typischen Längenverhältnissen. (Da die Festigkeit der Knochen nicht proportional zur Höhe anwächst, sind größere Tiere weniger belastbar, worauf schon Galilei hingewiesen hat.) Die Setzung s eines Fußes darf einen gewissen Bruchteil der Fußbreite nicht übersteigen,

$$s/b < 1/10 \text{ bis } 1/5, \quad (4)$$

damit die bei jedem Schritt verlorengelassene Arbeit nicht zu groß wird.

Sehen wir uns nun altertümliche Bauwerke an. Bei der Hütte und dem Tempel (Bild 4) ist die Fundamentbreite der Höhe annähernd proportional:

$$b/h \approx 1/5 \text{ bis } 1/4. \quad (5)$$

Solche Proportionen findet man schon bei Vitruv, später bei Vauban, sie haben sich also seit vielen Jahrhunderten bewährt. Der mittlere Sohldruck ist proportional zu Höhe h und Baustoffwichte γ_B :

$$\bar{q}/\gamma_B h \approx 25,5 \text{ bis } 4. \quad (6)$$

(Die Festigkeit der Stützen muß also mit der Größe des Bauwerks anwachsen, was in alten Bauregeln auch verlangt wird.) Solange die Bauteile nicht brechen, bleibt das

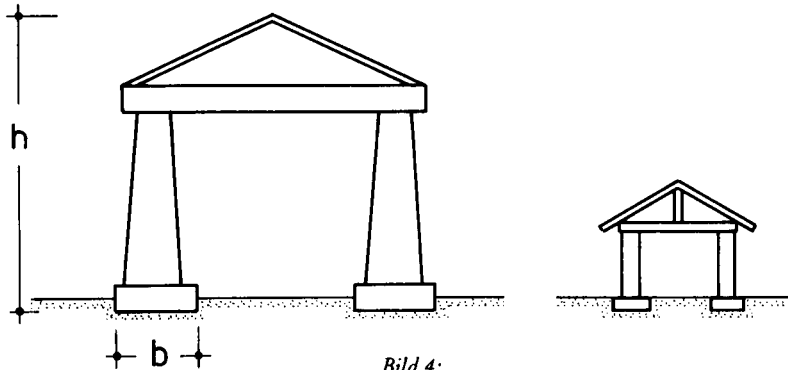


Bild 4:
Sicher gegründet ohne Geomechanik

Tragwerk stabil, wenn die Setzung nirgends einen gewissen Bruchteil der Fußbreite übersteigt:

$$s/b \approx 1/40 \text{ bis } 1/20. \quad (7)$$

Der Vergleich von Gl. 2 und 5 zeigt, daß die Natur sparsamer als der Mensch baut, und ohne Schaden, weil Tiere im Verhältnis zu ihrer Fußbreite größere Setzungen aushalten können als Bauwerke (s. Gl. 4 und 7). Der Sandboden gibt unter dem mit der Höhe zunehmenden Sohldruck (Gl. 3 und 6) offenbar nicht weiter als erlaubt nach. Wir wollen sehen, inwieweit diese geotechnischen Erfahrungen durch die Geomechanik – insbesondere mit Hilfe von Bettungsmoduln – bestätigt werden.

Bemessung von Fundamenten mit Bettungsmoduln

Winkler (1967) hat Gl. 1 aufgrund von Messungen an Eisenbahnen vorgeschlagen. Eine abgetrennte Einzelschwelle (Bild 5) mit zwei gleichgroßen Einzellasten Q , der Breite b und der Länge l erzeugt den mittleren Sohldruck $\bar{q} = 2Q/bl$. Aus der mitt-

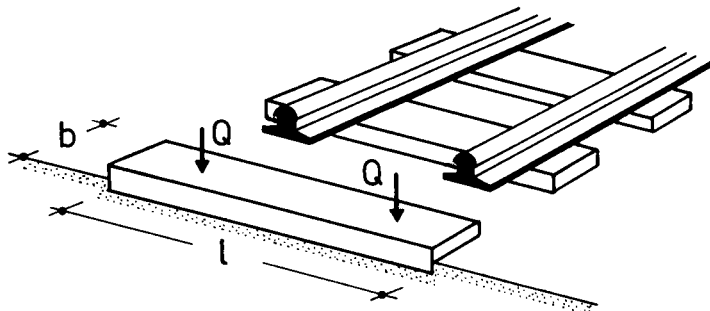


Bild 5:
Zu den Beobachtungen Winklers (1867)

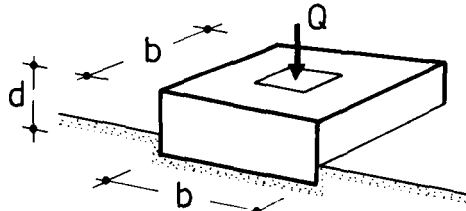


Bild 6:
Fundament einer Einzelstütze

leren gemessenen Setzung s ergab sich mit Hilfe von Gl. 1 bei körnigem Untergrund der Bettungsmodul

$$k_s \approx 10^4 \text{ bis } 10^5 \text{ kN/m}^3. \quad (8)$$

Die Kleinstwerte gehören zu lockerem, die Größtwerte zu dichtem Boden. Dieser Wertebereich wurde durch spätere Messungen bestätigt.

Ein Quadratfundament (Bild 6) soll nun so bemessen werden, daß seine Setzung einen erlaubten Bruchteil seiner Breite erreicht (vgl. Gl. 4 und 7):

$$s = \kappa_s b. \quad (9)$$

Bei einem Hochbau hängt die Stützenlast Q von der Höhe h gemäß

$$Q = \kappa_Q \gamma_B h^3 \quad (10)$$

ab, wobei der dimensionslose Faktor κ_Q die Größenordnung 10^{-3} aufweist. Mit Gl. 1 folgt aus Gl. 9 und 10

$$\frac{b}{h} = \sqrt[3]{\frac{\kappa_Q \gamma_B}{\kappa_s k_s}} = \text{const.} \quad (11)$$

Mit den Zahlenwerten der Gln. 4, 7 und 8 erhält man daraus die mit Gl. 2 und 5 beschriebenen alten Bauregeln. Aus Gl. 10 und 11 folgt wie in Gl. 3 und 6, daß der mittlere Sohldruck $\bar{q} = Q/b^2$ zur Höhe proportional ist.

Das Quadratfundament wurde als so steif angesehen, daß die Verteilung des Sohldrucks ebenso wie diejenige der Setzung gemäß Gl. 1 gleichmäßig ist und überdies wegen der hohen Fundamentfestigkeit keine Rolle spielt. Wie nun an einem Balken

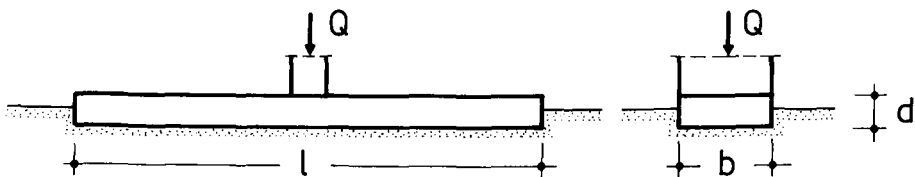


Bild 7:
Biegsamer Fundamentbalken

unter einer Einzellast (Bild 7) gezeigt werden soll, kann man aber auch biegsame Fundamente mit Hilfe von Gl. 1 einfach bemessen.

Aus der Biegesteifigkeit

$$E_B I = E_B b d^3 / 12, \quad (12)$$

der Breite und dem Bettungsmodul folgt die sog. elastische Länge

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4 E_B I}{b k_s}} = \kappa_d d \quad (13)$$

mit dem Faktor

$$\kappa_d = \sqrt[4]{\frac{E_B}{3 k_s d}}. \quad (14)$$

κ_d liegt etwa im Bereich von 2 (dichter Sand, breites Fundament) bis 6 (locker, schmal) und ist zunächst, da man ja die Dicke d noch nicht kennt, zu schätzen.

Aus der schon von Winkler (1867) angegebenen Lösung für den Biegebalken auf elastischer Bettung folgen nun einige Bemessungsregeln:

- Damit die Enden nicht abheben, muß

$$\frac{d}{l} \geq \frac{1}{\pi \kappa_d} \quad (15)$$

sein;

- damit die Setzung in der Mitte ein zulässiges Maß s nicht übersteigt, muß gelten:

$$\frac{Q}{2 b d \kappa_d k_s} \leq s; \quad (16)$$

- mit der zulässigen Biegespannung σ_B wird Biegebruch vermieden, wenn

$$\frac{3 \kappa_d Q}{2 d b} \leq \sigma_B \quad (17)$$

gilt;

- ein Durchstanzen der Stütze wird bei

$$\frac{Q}{2 d b} \leq \tau_B \quad (18)$$

vermieden, worin τ_B die erlaubte Schubspannung ist.

Diese Gleichungen sind einfach genug für den Taschenrechner, und man kann sie auch noch anschaulich deuten. Das Schlankheitsmaß d/l darf nicht zu klein werden; nach Gl. 15 muß es bei

- dichtem Sand und großer Breite mindestens etwa 1/6,
- lockerem Sand und geringer Breite mindestens etwa 1/20

betragen. Diese Grenze läßt sich leicht einhalten. (Das Fundament von Bild 6 ist dem-

nach sehr steif, was auch angenommen wurde.) Ist d/b einmal – probeweise – festgelegt, erhält man aus Gl. 16 mit Gl. 9 und 10 die erforderliche Breite

$$\frac{b}{h} \cong \sqrt[3]{\frac{\kappa_Q \gamma_B}{\kappa_s k_s}} \sqrt[3]{\frac{b}{2l_e}}. \quad (19)$$

Bis auf den Faktor $\sqrt[3]{b/2l_e}$ ist dies wieder Gl. 11, was zu den alten Bauregeln paßt.

Der Baustoff muß entsprechend Gl. 17 und 18 eine zum Sohldruck proportionale Festigkeit aufweisen. Übrigens kann man mit Stahlbeton recht gut zugleich Gl. 15, 17 und 18 erfüllen, was diesen Werkstoff für Fundamente prädestiniert und durch die Erfahrung bestätigt wird.

Bei Balken mit mehreren Stützen, Balkenrosten und Platten lassen sich analoge Bemessungsregeln aufstellen (die man merkwürdigerweise in Lehr- und Handbüchern nicht findet). Auch kompliziertere Flachgründungen kann man mit Hilfe von Gl. 1 nachrechnen, die zum Entwerfen nötige Anschaulichkeit geht aber verloren.

Der Bettungsmodul im Wechselbad

Der Bettungsmodul ist bis heute beliebt, weil man einfach mit ihm arbeiten kann. Schon bald nach seiner Erfindung aber wurde an seiner Wirklichkeitsnähe gezweifelt, und der Streit ist noch nicht zu Ende.

Seit Boussinesq (1885) trat die Elastizitätstheorie ihren Siegeszug in der Bau-mechanik an. Für ein Quadratfundament liefert sie die Setzung

$$s \approx 0,4 \frac{Q}{bE_v}, \quad (20)$$

wenn dem Baugrund der sog. Verformungsmodul E_v und die Poissonzahl $\nu \approx 1/3$ zugesprochen werden. Mit Gl. 9 und 10 folgt daraus

$$\frac{b}{h} = \sqrt[3]{\frac{0,4 \kappa_Q \gamma_B h}{\kappa_s E_v}}, \quad (21)$$

was Gl. 11 und somit den alten Bauregeln widerspricht. Engesser (1893) und andere Große des Bauingenieurwesens griffen Winklers Theorie wegen zweier Widersprüche zur Elastizitätstheorie an:

- Anders als nach Gl. 20 – und auch nach Gl. 1 – nehmen die beobachteten Setzungen oft nichtlinear mit dem Sohldruck zu;
- nach dem Superpositionsprinzip erhält man mit Hilfe von Gl. 20 auch außerhalb der belasteten Sohlfläche Setzungen, was Gl. 1 verbietet.

Auch nach L. Föppls lapidarer Feststellung, daß die Aussagen der Elastizitätstheorie seinen Beobachtungen an Fundamenten widersprechen, blieb es bei dieser Kritik. Mit dem Hinweis Terzaghis (1940), daß Winklers Theorie die Eigenschaften des Baugrunds höchstens sehr grob wiedergeben könne, erlosch auch in der Bodenmechanik lange das Interesse an ihr.

Unabhängig davon wurden jahrzehntelang Flachgründungen mit Hilfe von – mehr oder wenig gut geschätzten – Bettungsmoduln bemessen und gebaut. Sie versagten selten, waren aber wohl oft überbemessen, also zu teuer. Dimitrov (1955) zeigte, daß Biegebalken (wie in Bild 7) mit dem fiktiven Bettungsmodul

$$k_s \approx 0,8 E_v/b \quad (22)$$

annähernd dasselbe maximale Biegemoment aufweisen wie solche auf einem linear elastischen Halbraum. Mit diesem Versöhnungsvorschlag waren und sind viele zufrieden.

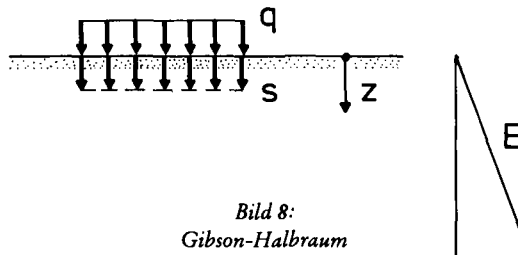


Bild 8:
Gibson-Halbraum

Gibson (1967) griff das Problem im Rahmen der Bodenmechanik wieder auf. Er untersuchte einen linear elastischen Halbraum mit proportional zur Tiefe anwachsendem Elastizitätsmodul (Bild 8). Bei der Poisson-Zahl $\nu = 0,5$ ergibt sich genau Gl. 1 mit dem Bettungsmodul

$$k_s = 3k/2, \quad (23)$$

wobei $k = E/z$ die Zunahme von E mit der Tiefe z beschreibt. Damit entfallen die oben dargelegten Widersprüche. Bei $\nu = 0,5$ gilt Gl. 1 zwar nicht mehr exakt, aber in guter Näherung.

Der Verformungsmodul von Sand nimmt etwa nach der Formel

$$E_v = \beta \gamma z / C_c \quad (24)$$

mit der Tiefe z zu, wobei C_c den Kompressionsbeiwert und β einen Faktor zwischen etwa 2 und 3 bezeichnet. Mit Gl. 23 folgt daraus

$$k_s = \frac{3}{2} \beta \gamma / C_c, \quad (25)$$

was wieder auf den Bereich von Gl. 8 führt. Steht der Boden unter Wasser, ist anstelle von γ die nur etwa halb so große Wichte γ' bei Auftrieb zu nehmen; diese Halbierung von k_s wird auch beobachtet.

Gegen Gibsons Theorie spricht die ausgeprägte Nichtlinearität des Sandes. Der Verformungsmodul E_v hat höchstens als Tangenten- oder Sekantenmodul einen Sinn und genügt insoweit Gl. 24. Seit etwa 15 Jahren versucht man, das Randwertproblem des Flachfundamentes auf Sand mit verfeinerten Stoffgesetzen und numerischen Inte-

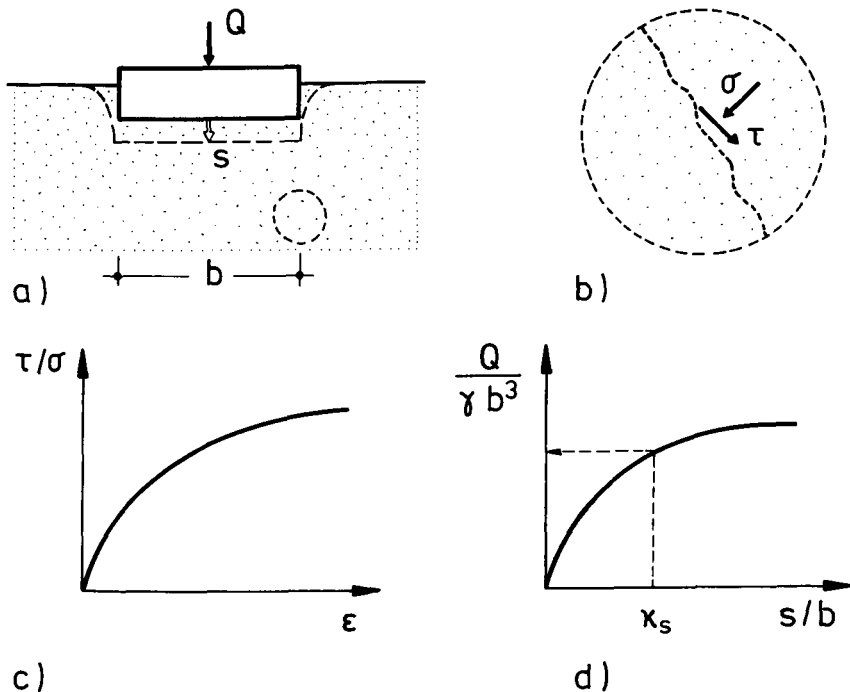


Bild 9:

Starrkörniger Halbraum: a) Quadratfundament, b) Bodenelement, c) Stoffkennlinie, d) Last-Setzungs-Linie

grationsverfahren zu lösen. Aus mehreren Gründen ist daraus noch kein praktisch hinreichend einfaches und zuverlässiges Verfahren entstanden:

- das Stoffgesetz muß in mathematisch schwer zu durchschauender Weise differentiell nichtlinear sein (Gudehus 1979);
- die Versuche zur Prüfung von Stoffgesetzen und zur Ermittlung von Stoffkonstanten sind sehr anspruchsvoll und umstritten;
- da die differentielle Steifigkeit stark von Druck und Richtung abhängt, treten schwer zu übersehende und zu vermeidende numerische Fehler auf (Gudehus 1980).

Daß der Sand diesen Enthüllungsversuchen bisher widerstanden hat, sollte zu denken geben. Erfolgreicher war ein anderer Anlauf, der nun anhand von Bild 9 vereinfacht dargestellt werden soll. Der Sand unter und neben einem Quadratfundament (a) möge aus starren Körnern bestehen; Dietrich (1977) spricht von einem psammischen Halbraum ($\psi\acute{\alpha}\mu\mu\omicron\varsigma$ = Sand). In einem Ausschnitt (b) ergeben sich Schubspannung τ und Normalspannung σ aus den Kräften an den Kornkontakten. Die Stauchung ϵ in einer Richtung – z.B. vertikal – wächst mit dem Verhältnis τ/σ an (c), die übrigen Ver-

formungen sind dazu proportional; das liegt – so nimmt man an – an der Trockenreibung und dem Bewegungszwang zwischen den Körnern. Mit dem von Dietrich vorgeschlagenen Potenzgesetz

$$\varepsilon = \kappa_e \cdot (\tau/\sigma)^\mu \quad (26)$$

läßt sich der Kurvenverlauf gut annähern. Der zwischen etwa 1,2 und 2 liegende Exponent μ hängt von der Dichte und der Kraftrichtung nicht ab (Hettler 1981). Daraus folgt mit Hilfe einer Ähnlichkeitstheorie (Winter und Hettler 1983), daß die Setzung s mit der Last Q nach der Formel

$$\frac{s}{b} = f_s \left(\frac{Q}{\gamma b^3} \right)^\mu \quad (27)$$

anwächst (d). f_s ist ein vom Boden und den Längenverhältnissen abhängender Faktor, der in einem kleinmaßstäblichen Modellversuch bestimmt werden kann.

Nun sei gemäß Gl. 9 ein bestimmtes Verhältnis $s/b = \kappa_s$ vorgegeben. Mit Gl. 1 und 27 folgt daraus der Bettungsmodul

$$k_s = \frac{\bar{q}}{s} = \frac{Q/b^2}{\kappa_s b f_s (Q/\gamma b^3)^\mu} = \gamma \frac{(Q/\gamma b^3)^{1-\mu}}{\kappa_s f_s} \quad (28)$$

Mit den üblichen Werten für $Q/\gamma b^3$, μ , κ_s und f_s (Gudehus 1981) ergibt sich wieder der Bereich von Gl. 8, was zu den alten Bauregeln paßt. Genau besehen ist \bar{q}/s nicht konstant, also ist k_s als Sekantenmodul zu verstehen. Im Rahmen einer von der DFG unterstützten Forschungsarbeit wurde jetzt in Karlsruhe geprüft, welche Fehler durch eine solche Linearisierung entstehen. Die Genauigkeit reicht praktisch aus, so daß der oben genannte Einwand gegen Gl. 1 wegfällt, wenn man den Lastbereich – ausgedrückt durch $Q/\gamma b^3$ – praktisch sinnvoll wählt.

Der zweite, die Setzungen neben einem Fundament betreffende Einwand läßt sich mit Hilfe von Modellversuchen entkräften. Die Setzung s_1 im Abstand $b/2$ (Bild 10) ist bei

- einem Streifen (Zangl 1977) $s_1 \leq 0,05 s_0$,
- einer Kreisplatte (Eggstadt 1963) $s_1 \leq 0,1 s_0$,

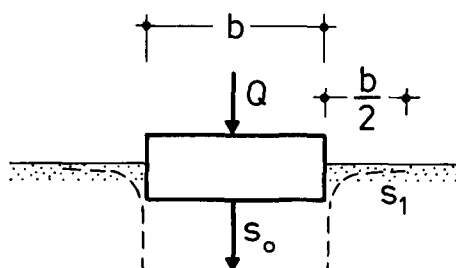


Bild 10:
Setzungen neben einem Fundament

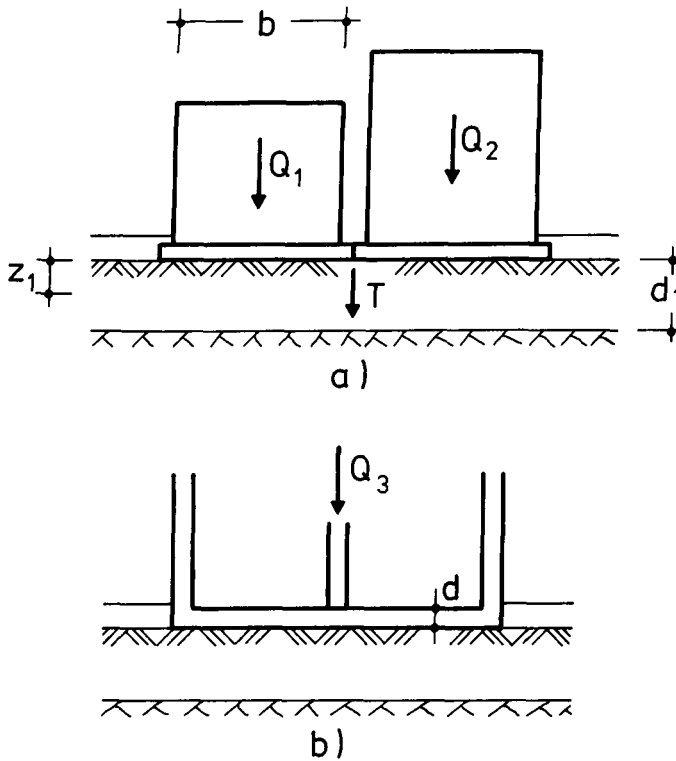


Bild 11:
Gleichmäßige Bettung durch Tonschicht

und weiter entfernt rasch noch geringer. Diese Wirkung kann man praktisch vernachlässigen; Fehlergrenzen werden gegenwärtig erforscht. Diese Aussage wird durch Gibson (1967) für $\nu < 0,5$ bestätigt, aber bisher nicht durch numerische Berechnungen.

Wo der Bettungsmodul noch oder nicht taugt

Wenn eine im Vergleich zur Bauwerksbreite dünne Tonschicht unter einer Sohlplatte liegt (Bild 11), ist der Bettungsmodul einfach

$$k_s = E_s/d_1. \quad (29)$$

Zum Ausgleich der Nichtlinearität ist der Steifemodul E_s als Sekantenmodul zu nehmen, und der Seiteneinfluß (vgl. Bild 10) entfällt wegen $d_1 \ll b$. Bei $k_s = \text{const.}$ erhält man so z. B. die Schubkraft (a) zwischen zwei schubverbundenen Blöcken,

$$T = (Q_2 - Q_1)/6, \quad (30)$$

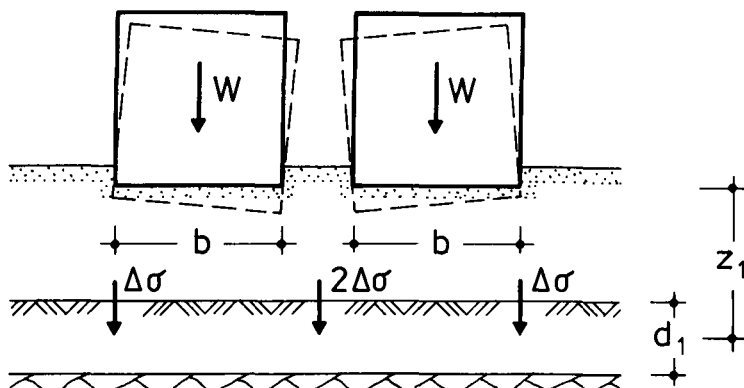


Bild 12:
Schiefstellung durch Drucküberlagerung

oder die Minstdicke (b) einer Platte unter einer Stütze,

$$d \approx 1,3 \sqrt{Q/\sigma_B}, \quad (31)$$

mit der erlaubten Biegespannung σ_B .

Selbstverständlich darf man diese beiden Formeln auch bei Sand verwenden, sofern er $k_s = \text{const.}$ aufweist, aber nicht bei anderem Baugrund. Wenn z. B. unter zwei benachbarten gleichschweren Bauwerken eine Tonschicht etwa so tief liegt wie das Bauwerk breit ist (Bild 12), wirkt sich die Überlagerung der Drücke $\Delta\sigma$ in ihr besonders stark aus. Die gegenseitige Verdrehung beträgt etwa

$$\Delta\psi \approx 0,4 W d_1 / (b^3 E_s); \quad (32)$$

was dies bedeutet, sieht man z. B. am Holstentor. Die Annahme $k_s = \text{const.}$ würde $\Delta\psi = 0$ liefern und zu einem geotechnischen Fehlschlag führen. (In diesem Falle kann man ein von Kany (1959) entwickeltes Verfahren benutzen, das nicht mehr von Gl. 1 ausgeht und hier daher nicht behandelt werden soll.)

Die Dicke von Balken oder Platten derselben Gründung darf man trotzdem mit $k_s = \text{const.}$ wie vorher wählen, soweit Stützenlasten aufzunehmen sind. Es läßt sich nämlich immer ein passendes k_s finden (vgl. Gl. 23), das annähernd die richtigen Biegemomente liefert. Dies gilt allerdings nicht für das – ziemlich gleichmäßig verteilte – Eigengewicht des Bauwerks. Werden z. B. die beiden Bauwerke von Bild 12 oben und unten verbunden, läßt sich das zu übertragende Biegemoment auf keinen Fall mit Hilfe von Bettungsmoduln abschätzen. Falsche Vorstellungen vom Baugrundverhalten führen in solchen Fällen recht oft zu Bauschäden.

Wenn ein lotrechter Pfahl sich relativ zum Boden waagerecht verschiebt, entsteht der sog. Seiten- oder Fließdruck. Aufgrund von Probelastungen zeigte sich immer wieder, daß die Biegemomente dann zutreffend mit von der Tiefe abhängenden Bet-

tungsmoduln erfaßt werden können (Smoltczyk 1963). Neuere Forschungsarbeiten haben dies für Sand (Meißner 1982) und Ton (Gudehus und Schwarz 1983) bestätigt. Den beiden Haupteinwänden gegen Gl. 1 kann man entgegenhalten

- die Nichtlinearität der Bodenreaktion läßt sich durch passende Sekantenmoduln genügend genau ausgleichen;
- vertikal benachbarte Bodenbereiche werden wegen der Schlankheit des Pfahls kaum mitgenommen.

Es liegen – den Gln. 22 und 28 entsprechende – Näherungsformen für k_s vor, die sich in Geländeversuchen bewährt haben.

Anders ist es bei nicht waagerechten Flächentragwerken wie Wänden, z.B. zur Stützung von Geländesprüngen, oder Schalen, z.B. zur Auskleidung von Tunneln. Gl. 1 konnte hierfür bisher bodenmechanisch nicht gerechtfertigt werden, wird aber dennoch oft benutzt. Die Gl. 1 zugrundeliegende Annahme, daß benachbarte Bereiche nicht mitgenommen werden, trifft nämlich keineswegs mehr zu. Der Kunstgriff Dimitrovs – mit etwas anderen Faktoren als 0,8 in Gl. 22 – kann versagen, da die Belastung überwiegend aus kontinuierlich wirkendem Erddruck besteht. Daß sich das Bettungsmodul-Verfahren trotzdem verschiedentlich – aber nicht immer! – bewährt hat, fordert zur geomechanischen Erforschung heraus.

Der heutige Kenntnisstand ist einigermaßen verwirrend. Für einige Gründungs- und Baugrundarten kann man Bettungsmoduln zutreffend angeben und benutzen. In einigen anderen Fällen gilt dies weniger zutreffend und mit Vorbehalten. Es gibt auch Fälle, bei denen das Bettungsmodulverfahren versagen muß.

Pendeln und andere Hin- und Herbewegungen

Wir wollen uns nun von Geotechnik und Geomechanik lösen. Das „Pendeln“ bezeichne einen hin- und hergehenden Informationsfluß im Gehirn des Einzelnen, in der Gesellschaft und in der kulturellen Entwicklung. Auf die Bezeichnung kommt es nicht an. Die nachfolgenden Anleihen bei anderen Wissenschaften sind vielleicht auch für das Bauingenieurwesen interessant.

Bild 13 zeigt schematisch Funktionen des Gehirns nach der Auffassung von Popper und Eccles (1982). Die linke Gehirnhälfte beherbergt – wie man bei Operierten und Verletzten nachweisen konnte – Bewußtsein, Sprache, logisches Denken sowie das Gedächtnis für rationale Abläufe, Zahlen und Namen; sie arbeitet – so glaubt man – sequentiell wie ein Computer. In der linken, unbewußten Hälfte werden vor allem Bilder und Musik gespeichert und verarbeitet; sie funktioniert ganzheitlich. Ein Nervenstrang, genannt corpus callosum oder Balken, verbindet beide Hälften. So werden auch Musik und Bilder bewußt, und rationales Denken kann ganzheitliche Impulse aufnehmen. Vereinfacht kann man die linke Hälfte als reduktionistisch (zerlegend) und die rechte als holistisch (ganzheitlich) bezeichnen (vgl. Hofstadter 1980).

Etwas spekulativ lassen sich auch Geotechnik und Geomechanik in diesem Schema unterbringen. Beim Entwerfen fallen einem Bilder und Proportionen ein; sie kommen

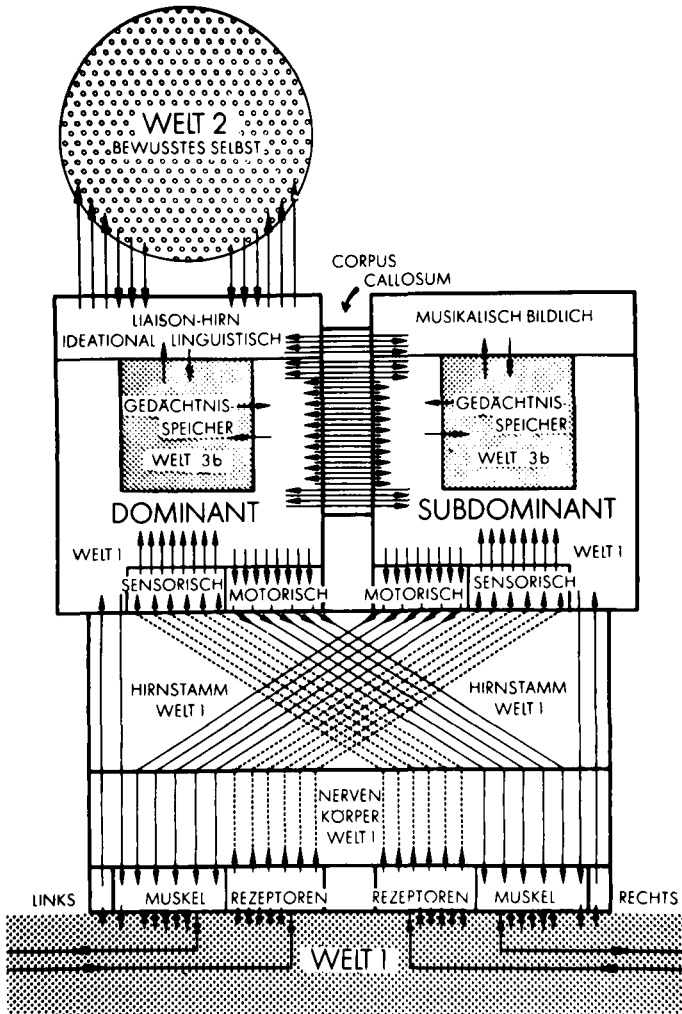


Bild 13:
Funktionen des Gehirns, nach Popper und Eccles (1982)

wohl von rechts über den Balken nach links und werden so erst bewußt. Mit Recht spricht man von konstruktiven Gefühl und von der Baukunst. Beim Nachrechnen leistet die linke Hälfte mehr, ebenso beim Vergleich mit Solldaten. Die Ideen zu neuen Theorien kommen wohl wieder von rechts, werden aber links sortiert. Man darf somit sagen, daß die Geotechnik eher rechts und die Geomechanik eher links angesiedelt ist, beide aber erst durch das corpus callosum leistungsfähig sind.

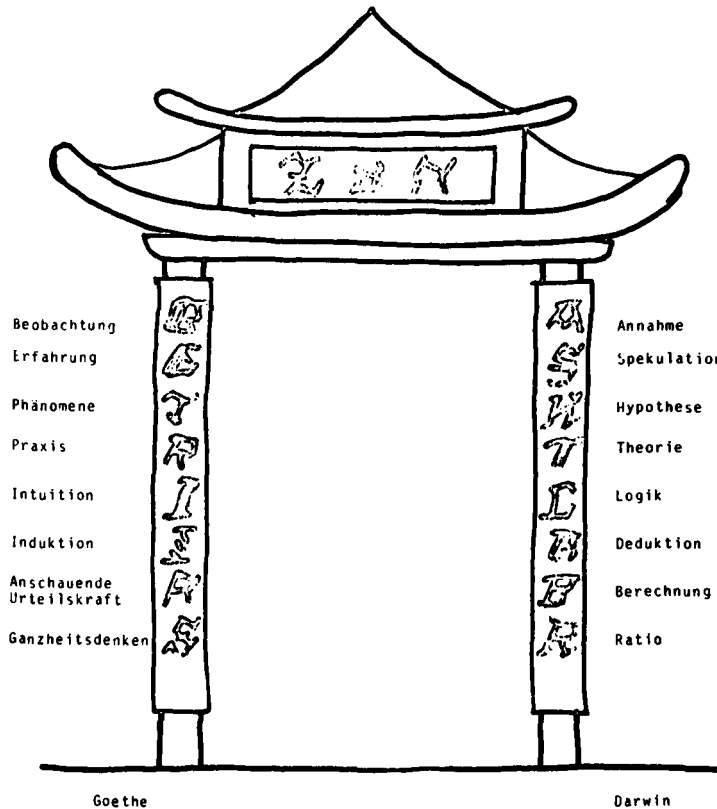


Bild 14:
Typisierung von L. Müller

Auf der Ebene der Gesellschaft sieht es ganz ähnlich aus, wie das von L. Müller*) für Vorträge in China angefertigte Bild 14 zeigt. Man vertausche links und rechts, und die Zuordnung zu Bild 13 ist beinahe vollkommen. Die Inschrift auf dem Balken bedeutet: „Zukunft der Naturwissenschaften“, was als Appell zur Vereinigung beider Säulen des Bildes gemeint ist. Die Namen Goethe und Darwin stehen für den Typus des Künstlers und des Denkers.

Die Trennung zwischen links und rechts scheint weniger scharf zu sein als im Gehirn (wo sie übrigens so scharf auch nicht ist, wie es Bild 13 suggeriert). Unsinnigerweise wird sie von unserer Gesellschaft verschärft – man denke etwa an die „zwei Kulturen“ von C. P. Snow. Der Balken wird gleichsam absichtlich durchtrennt, wie es bei manchen Epileptikern geschehen ist, und die Folgen dieser Verkrüppelung sind überall zu sehen.

*) Träger des Gauß-Preises 1983

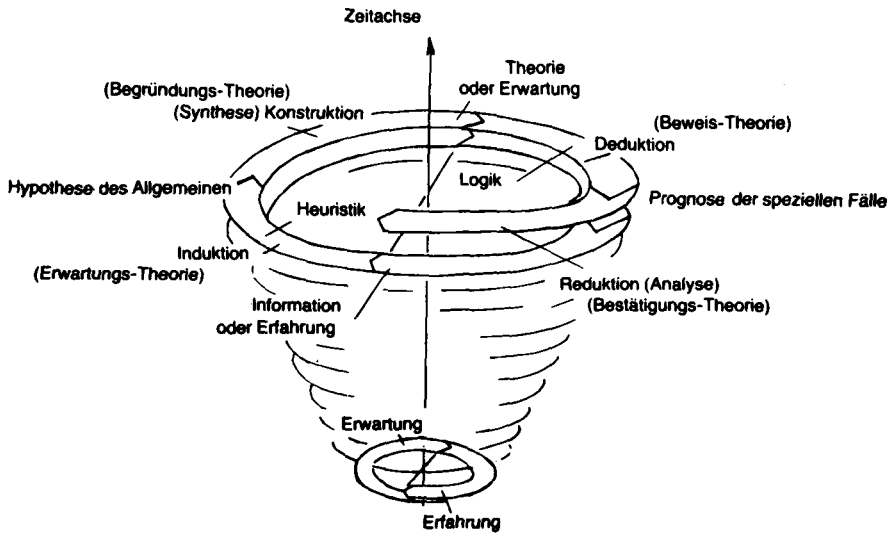


Bild 15:
Evolutionsschema von R. Riedl (1980)



Bild 16:
Zeichnung von R. Hofstadter (1980)

Bild 15 zeigt die kulturelle Entwicklung aus der Sicht des Biologen Riedl (1980). Durch das Pendeln zwischen Erfahrung und Erwartung, Praxis und Theorie nimmt das bewußte und unbewußte Wissen allmählich zu. Am Anfang dieser Spirale stehen die Hyperzyklen von M. Eigen, irgendwo weiter oben kommen auch Geotechnik und Geomechanik. Darwins Evolution und Poppers Theorienbildung sind darin untergebracht.

Dieses kühne Bild ist einfacher als die heutige Wirklichkeit. Wer die neuere Entwicklung verfolgt, sieht manchmal eher M.C. Eschers berühmte groteske Wendeltreppe als eine immer weiter führende Spirale. Jeder kennt Beispiele dafür. In einer Zeit materiellen Überflusses kann auch der reine Unsinn überleben. Absurd und geradezu tragisch ist es, daß sich manche Menschen ausschließlich dem Holismus oder dem Reduktionismus hingeben und sich so selbst verkrüppeln.

Daß diese Trennung auch logisch nicht zu halten ist, zeigt Bild 16. Hofstadter (1980) will damit Gödels Theorem verdeutlichen. Das Ganze und seine kleinsten Teile heißen im Bild Mu; mit diesem Wort wird im Zen-Buddhismus eine Frage „entfragt“. Gemeint ist damit, daß holistische und reduktionistische Erklärungen getrennt zu nichts führen. So ist auch unser „Pendeln“ ein zu einfaches Bild, das wir getrost verlassen können.

Zum Schluß seien noch einige Hinweise zum Bauingenieurwesen gegeben, auch wenn sie sich eigentlich von selbst verstehen. Lehre, Forschung und Praxis der letzten Jahrzehnte standen – wie auch in den anderen technischen Fächern – im Zeichen der Reduktion. Daß es so nicht gut weitergehen kann, scheint sich langsam herumzusprechen. Die rechte Hirnhälfte sollte aktiver werden: Bauingenieure sollten wieder mehr zeichnen, konstruieren, komponieren, wenn sie mögen auch musizieren. Dann braucht man die Trennung beider Seiten nicht zu befürchten.

Literatur

- BOUSSINESQ, M. (1885): Application des potentiels etc. – Lille, Danel.
- DIETRICH, T. (1977): A comprehensive mechanical model of sand at low stress level. Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Tokyo, Speciality Session on Constitutive Prop.
- DIMITROV, N. (1955): Der Balken und die Platte als Gründungskörper. – Habilitationsschrift, Karlsruhe.
- EGGESTADT, H. (1963): Deformation Measurements etc. – Proc. Europ. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Wiesbaden, p. 233–240.
- ENGESSER, F. (1893): Zur Theorie des Baugrundes. – Centralblatt der Bauverwaltung, S. 306–308.
- GIBSON, R.E. (1967): Some results concerning displacements and stresses in a non-homogeneous elastic half-space. Géotechnique 12, p. 212–216.
- GUDEHUS, G. (1979): A comparison of some constitutive laws etc. – 3rd Int. Conf. Numer. Mech. Geomech., Aachen, p. 1309–1323.
- GUDEHUS, G. (1980): Materialverhalten von Sand. – Der Bauingenieur, 55, S. 57–67 und 351–359.
- GUDEHUS, G. (1981): Bodenmechanik. – Enge, Stuttgart.
- GUDEHUS, G. und SCHWARZ, W. (1963): Stabilisierung oberflächennaher Rutschungen durch flächenhafte Bewehrung. – Forschungsbericht FGes Straßenw.

- HETTLER, A. (1981): Verschiebungen starrer und elastischer Gründungskörper etc. – Veröff. Inst. Bodenmech. u. Felsm. Karlsruhe, Heft 90.
- HOFSTADTER (1980): Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. – Vintage Books, New York.
- KANY, M. (1959): Berechnung von Flächengründungen. – Ernst & Sohn, Berlin.
- MEISSNER, H. (1982): Tragverhalten axial und horizontal belasteter Bohrpfähle in körnigen Böden (II.). – Geotechnik, Heft 3, S. 115–124.
- POPPER, K. (1966): Logik der Forschung. 2. Aufl. – J. C. B. Mohr, Tübingen.
- POPPER, K. und ECCLES, J. (1982): Das Ich und sein Gehirn. – Piper, München.
- RIEDL, R. (1980): Biologie der Erkenntnis. 2. Aufl. – Parey, Wien.
- SMOLTCZYK, H. (1963): Die Einspannung in beliebig geschichteten Baugrund. – Der Bauingenieur, 38, S. 338.
- TERZAGHI, K. (1940): Theoretical Soil Mechanics. – Wiley.
- WINKLER (1867): Die Lehre der Elastizität und Festigkeit. – H. Dominicus, Prag, S. 182–184.
- WINTER, H. und HETTLER, A. (1983): Ähnlichkeit bei Randwertproblemen und ihre Anwendung in der Sandmechanik. – Ing.-Archiv, 53, S. 27–39.
- ZANGL, L. (1977): Experimentelle und numerische Untersuchungen etc. – Veröff. Inst. Bodenmech. u. Felsmech., Karlsruhe, Heft 68.

Ferner bot das korrespondierende Mitglied der Gesellschaft, Prof. Dr. R. Salvini, Florenz, im Rahmen des oben erwähnten Symposions über den Braunschweiger Burglöwen einen durch zahlreiche Lichtbilder eindrucksvoll illustrierten öffentlichen Vortrag über „Wiligelmus von Modena als einen der Begründer der romanischen Figurensprache“ dar, und schließlich führte die Gesellschaft am 27.10.1983 gemeinsam mit dem Städtischen Museum Braunschweig eine öffentliche Vortragsveranstaltung mit einem Vortrag des ordentlichen Mitgliedes der Gesellschaft und Vorsitzenden der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, Prof. Dr. M. Gosebruch, über das gerade wieder nach Deutschland zurückgekehrte Evangelium Heinrichs des Löwen durch. Alle Vorträge der genannten öffentlichen Veranstaltungen werden in einem der Publikationsorgane der Gesellschaft veröffentlicht.

**Feierliche Jahresversammlung der BWG 1983
am Freitag, dem 6. Mai 1983
in der Dornse des Altstadtrathauses Braunschweig**

Begrüßung und Bericht des Präsidenten

Hochansehnliche Festversammlung!
Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Namens der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft habe ich die Ehre, Sie auf unserer diesjährigen Feierlichen Jahresversammlung auf das herzlichste zu begrüßen. Wie Sie selbst wohl schon festgestellt haben werden, findet in diesen ersten Maitagen – und gerade auch heute – eine ganze Reihe von wichtigen Veranstaltungen statt, so daß wir zu unserem Bedauern hier und heute auf die meisten Vertreter der Administration des Landes Niedersachsen sowie auf manchen Freund aus anderen öffentlich-politischen und wissenschaftlichen Bereichen verzichten müssen.

Umso mehr freuen wir uns, trotz der uns viel zu spät bekannt gewordenen Ungunst des Termins mehrere Vertreter der Legislative, nämlich Herrn Gautier vom Europa-Parlament, Herrn Clemens als Mitglied des Deutschen Bundestages und die Herren Menges und Sehrt als Mitglieder des Niedersächsischen Landtages persönlich begrüßen zu können.

Mein besonderer Gruß gilt ferner den Vertretern der Stadt Braunschweig und an deren Spitze Herrn Oberbürgermeister Scupin nebst einigen Mitgliedern des Rates der Stadt sowie Vertretern der Stadtverwaltung unter der Führung von Herrn Oberstadtdirektor Dr. Körner, nicht zu vergessen auch die Ehrenbürger der Stadt, die Herren Bennemann und Oehler.

Ich darf, sehr geehrter Herr Oberbürgermeister, an dieser Stelle zugleich unseren Dank zum Ausdruck bringen für die vielfältige Förderung, die wir seit unserer Gründung von seiten der Stadt Braunschweig erfahren haben, wobei wir auch ganz besonders dankbar dafür sind, daß wir unsere Feierlichen Jahresversammlungen nun schon traditionell in diesem schönen und ehrwürdigen Saal, der Dornse des gotischen Altstadtrathauses, durchführen können.

Erlauben Sie mir, summarisch zu begrüßen die Vertreter der Behörden des Bundes, des Landes und der Stadt, der politischen Parteien und der Gewerkschaften, der Kirchen, der Justiz, der Bundeswehr, des Bundesgrenzschutzes und der Polizei, der ständischen Kammern und der Wirtschaft sowie schließlich der Massenmedien.

Wiederum persönlich begrüßen darf ich den Generalsekretär der Stiftung Volkswagenwerk, Herrn Staatssekretär a. D. Dr. Möller, die wir in den kommenden Jahren um wohlwollende Unterstützung bitten wollen, weil eine Reihe wichtiger Arbeits- und Forschungsvorhaben vor allem unserer Kommission für Niedersächsische Bau- und

Kunstgeschichte ansteht, die wir aus den Mitteln unseres ordentlichen Haushalts nicht bestreiten können.

Aus dem uns naturgemäß besonders verbundenen Bereich der Wissenschaft begrüße ich den Präsidenten der Technischen Universität Braunschweig, Herrn Prof. Dr. Schaffer, mit der uns ein besonders enges Verhältnis verbindet und der ich wiederum für die uns in manchen Verwaltungsbereichen gewährte Amtshilfe zu danken habe. Mein Gruß gilt ferner dem Rektor der Technischen Universität Clausthal, Herrn Prof. Dr. Schottländer, dem Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Herrn Prof. Dr. Kind, dem Vertreter Vertreter der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Herrn Prof. Dr. Neander, sowie den zahlreich erschienenen Kollegen der verschiedenen Disziplinen der Hohen Schulen von Braunschweig, Clausthal, Göttingen und Hannover, der Forschungsanstalten des Bundes und des Landes, der Max-Planck-Gesellschaft, der Gesellschaft für biotechnologische Forschung, der Fraunhofer- und der Bunsengesellschaft sowie weiterer wissenschaftlicher Institutionen. Und schließlich begrüße ich besonders die Herren Prof. Dr. Dr. h.c. Leopold Müller, Salzburg, Prof. Dr. Gudehus, Karlsruhe, und Dr. Mandl, Den Haag, die dem heutigen Tag durch ihre Vorträge den wissenschaftlichen Inhalt verleihen. Und natürlich gilt mein Gruß nicht zuletzt auch den ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und deren Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, die sich hier so zahlreich versammelt haben.

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Der von mir nunmehr zu erstattende Bericht erstreckt sich auf den Zeitraum von der Feierlichen Jahresversammlung 1982 – sie fand am 25. Juni 1982 statt – bis zum heutigen Tage.

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft verfügt gegenwärtig über 114 ordentliche und 54 korrespondierende Mitglieder. Bei den ordentlichen Mitgliedern rechnen die 38 über Siebzigjährigen auf die satzungsmäßig festliegende Höchstzahl von 110 Mitgliedern nicht an. Von den korrespondierenden Mitgliedern sind 20 ausländische Wissenschaftler oder im Ausland tätige.

An Todesfällen hatte die Gesellschaft in der Berichtszeit dieses Mal nur zwei zu beklagen. Es verstarben

am 27. Juli 1982 das ehemals ordentliche, später korrespondierende Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften **Prof. Dr.-Ing. Dr. Ir. h.c. Heinz Jordan** im Alter von 76 Jahren, und am 1. Januar 1983 das korrespondierende Mitglied in der Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik **Prof. Dr. Drs. h.c. Kurt Otto Friedrichs** im Alter von 81 Jahren.

Prof. Dr. Jordan war zuletzt o. Professor und Direktor des Instituts für Elektrische Maschinen an der Technischen Hochschule Hannover. Er hat wichtige Beiträge zum Bau von Elektromaschinen und Transformatoren geleistet und war auch nach seiner Emeritierung noch wissenschaftlich tätig. Zuletzt hat er im letztjährigen Band unserer

Abhandlungen gemeinsam mit Stuckmann, Köln, noch einen Beitrag über „Transiente Vorgänge bei Drehstromarbeiten“ publiziert.

Prof. Dr. Friedrichs war ein Mathematiker und Physiker hohen wissenschaftlichen Ranges, der nach seiner Lehr- und Forschungstätigkeit an den Technischen Hochschulen Aachen und Braunschweig schon 1939 an die Universität New York berufen wurde. Der Verstorbene hat fundamentale Beiträge zur Analysis, zur angewandten Mathematik und zur theoretischen Physik erbracht, die ihm einen ehrenvollen Platz in der Geschichte seiner Wissenschaften sichern.

Sie haben sich zu Ehren der Verstorbenen von Ihren Plätzen erhoben, ich danke Ihnen.

Am 7. Januar dieses Jahres traten die ordentlichen Mitglieder der Gesellschaft zu zu einer Wahlversammlung zusammen und wählten zu **ordentlichen Mitgliedern**

in der Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Prof. Dr. rer. nat. **Thomas Hartmann**, Direktor des Instituts für Pharmazeutische Biologie an der Technischen Universität Braunschweig,

Prof. Dr. rer. nat. **Ekkehard Winterfeldt**, Direktor des Instituts für Organische Chemie an der Universität Hannover, und

in der Klasse für Geisteswissenschaften

Prof. Dr. phil. **Joachim Ehlers**, Prof. für mittelalterliche Geschichte an der Technischen Universität Braunschweig.

Zu korrespondierenden Mitgliedern wurden gewählt

in der Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Prof. Dr. phil. **Hans Kuhn**, Leiter der Abt. Molekularer Systemaufbau am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen,

Prof. Dr. rer. nat. **Martin Kneser**, o. Prof. für Mathematik an der Universität Göttingen;

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Prof. Dr.-Ing. **Peter Wincierz**, Honorarprofessor an der Technischen Universität Clausthal und Leiter des Metall-Laboratoriums der Metallgesellschaft A.G. in Frankfurt am Main,

und schließlich

in der Klasse für Geisteswissenschaften

Prof. Dr. phil. **Marie-Odile Carrigues**, Maître de recherches am Institut des recherches d'histoire et des textes, Paris,

Prof. Dr. phil. **Roberto Salvini**, Ordinarius für Kunstgeschichte an der Universität Florenz,

Prof. Dr. **Rudolf Zeitler**, em. Professor der Kunstgeschichte an der Universität Uppsala, und

Prof. Dr. phil. **Walter Burkert**, Professor am Seminar für Klassische Philologie an der Universität Zürich.

Alle Genannten haben die Wahl zwischenzeitlich angenommen und zum Teil bereits an Veranstaltungen der Gesellschaft teilgenommen.

Die wissenschaftlichen Aktivitäten der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft vollzogen sich in dem üblichen Rahmen. Auf **7 wissenschaftlichen Plenarversammlungen**, darunter einer öffentlichen, und auf ebenso vielen Klassensitzungen wurden im naturwissenschaftlich-mathematischen Bereich Beiträge zur mathematischen Beschreibung mechanischer Systeme, über das Grenzschichtverhalten von Flüssigkeiten, über anorganisch-chemische Reaktionen im Bereich der Duftstoffmoleküle und über Emissionslinienbereiche eines Lasers behandelt. Die Ingenieurwissenschaften legten Beiträge über Probleme des Küsteningenieurwesens, über Signalverzerrung in Glasfasern und über neue Legierungstechnologien vor, und die Bauwissenschaften bestritten die schon erwähnte öffentliche wissenschaftliche Plenarversammlung mit einer sehr umfangreichen Darstellung der historischen Braunschweiger Burg Dankwarderode und deren Wiederaufbau.

Besonders aktiv war die Klasse für Geisteswissenschaften mit Beiträgen über Deutsch-Skandinavische Wechselbeziehungen in der Barock-Architektur, über die Architektur der Hugenotten in der Landgrafschaft Hessen-Kassel, über das Friedrichsruher Kanzlerarchiv und dessen Bedeutung für die Bismarckforschung, über den Feuerzeichenweg des Aischylos, über Luther und Michelangelo und schließlich zum Vernunftgefüge der Moderne.

Die Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte bei der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, über deren Gründung ich auf der letzten Feierlichen Jahresversammlung berichtet habe, ist mittlerweile voll besetzt worden und damit arbeitsfähig. Ihr gehören 15 namhafte Fachwissenschaftler aus der Bundesrepublik, der DDR, England und Dänemark an.

Vom 3. bis zum 5. März dieses Jahres trat die Kommission zu ihrer ersten konstituierenden Sitzung zusammen, zugleich wurden Themen zu „Magdeburg und Walkenried“, zur „Stiftskirche von Königslutter“ und zum „Umbau des Vieweg-Hauses in Braunschweig“ mit Vorträgen und Diskussionen behandelt. Für den Herbst dieses Jahres – voraussichtlich vom 13. bis 15. Oktober – ist ein größeres wissenschaftliches Symposium unter dem Stichwort „Braunschweiger Löwe“ vorgesehen, auf dem die wichtigsten Sachkenner der angesprochenen, sehr vielschichtigen Materie zu Worte kommen sollen und für das der Herr Niedersächsische Ministerpräsident **Dr. Albrecht** freundlicherweise die Schirmherrschaft übernommen hat.

Als Ergebnis ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit legte die Gesellschaft den Band 34 (1982) ihrer Abhandlungen mit 14 Originalbeiträgen, das Jahreshft 1982 der „Sitzungsberichte und Mitteilungen“ mit weiteren 8 wissenschaftlichen Beiträgen oder Berichten sowie ein Sonderheft zu diesen „Sitzungsberichten und Mitteilungen“ mit den Beiträgen zum Symposium über die erste Chinesisch-Deutsche Tibet-Expedition 1981 vor.

Im ganzen gesehen gewiß ein respektables Resultat unserer wissenschaftlichen Bemühungen, dessen einzelnen Beiträge sicherlich zur Fortentwicklung gesicherter Erkenntnisse in den jeweiligen Disziplinen beitragen und zu neuen Anwendungen

führen werden. Aber natürlich möchte die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft als eine niedersächsische Einrichtung ganz besonders auch ihrem Lande und der Stadt, deren Namen sie trägt, nützlich sein. Gerade dieses ist indessen leichter gesagt als getan, zum einen wegen der gegenwärtig und wahrscheinlich auch künftig recht schwierigen Situation Niedersachsens, und zum anderen wegen der ziemlich engen Begrenztheit unmittelbarer Wirkungsmöglichkeiten, die wissenschaftlichen Institutionen zur Verfügung stehen.

Was die Situation Niedersachsens als ein Teil des gesamten nordwestdeutschen Raumes anbelangt, so hat sich diese besonders im Verlauf der letzten Jahrzehnte deutlich verschlechtert. Ohne nennenswerte, wirtschaftlich nutzbare natürliche Ressourcen ist der gesamte nordwestdeutsche Raum zunehmend in eine periphere wirtschaftliche Abseitslage geraten, seit die großen Güterströme des überseeischen Weltverkehrs eine Umlenkung zu den Rheinmündungs- und Kanalhäfen erfahren haben und der Ost-West-Verkehr wegen der Außenhandelsschwäche der Ostblockstaaten nur relativ geringe wirtschaftliche Aktivitäten nach sich ziehen kann. Die Folgen sind in unserem Lande und ganz besonders in unserer Zonenrandregion nicht zu übersehen. Die Abwanderung oder gar Liquidation zahlreicher, nicht zuletzt gerade auch größerer Betriebe haben schon jetzt zu einer überdurchschnittlich hohen Arbeitslosenquote geführt. Eine grundlegende Änderung dieser Gegebenheiten ist vorerst – noch dazu bei stagnierender oder gar rückläufiger Weltwirtschaft – nicht in Sicht, es wird schwer genug sein, eine tragfähige regionale Basis für einen stetigen wirtschaftlichen Wiederaufschwung auszumachen und zu stabilisieren.

Ebenfalls zurückhaltend, wenn im ganzen aber doch wesentlich positiver, sind dagegen die Wirkungsmöglichkeiten wissenschaftlicher Institutionen für ihre Region zu beurteilen, wobei freilich unmittelbare Wirkungen – wie schon angedeutet – eher selten sind. Denn die Resultate wissenschaftlicher Tätigkeit setzen sich in der Regel nur mit erheblicher Zeitverzögerung in praktische Maßnahmen um. Früher nahm man hierfür einen Zeitraum von etwa 30 Jahren an, heute dürfte er durch einen besseren Informationsfluß und vor allem auch durch organisatorische Maßnahmen zur Herbeiführung eines rascheren Technologietransfers erheblich verkürzt, wenn auch nicht aufgehoben worden sein. Schließlich ist ja zu bedenken, daß etwa Erfindungen aus dem wissenschaftlichen Raum bis zu ihrer Anwendungsreife in aller Regel noch erhebliche und zeitaufwendige Entwicklungsarbeiten erheischen.

Allgemein ist man sich indessen einig, daß wissenschaftliche Institutionen, also Hochschulen und Forschungseinrichtungen der verschiedensten Art für die Wirtschaftskraft und das Wirtschaftswachstum der Regionen, in denen sie belegen sind, eine erhebliche Bedeutung besitzen. Erst vor wenigen Tagen hat der Präsident der Westdeutschen Rektorenkonferenz, Prof. Dr. Turner, in einem Vortrag anläßlich der Einweihung neuer Laborbauten in der Fachhochschule Braunschweig-Wolfenbüttel die Auswirkungen von Hochschulen auf ihre Region untersucht und dabei eine ganze Reihe positiver Standorteinflüsse – Konsum-, Beschäftigungs-, Innovations- und sozio-kulturelle Effekte konstatiert. Unter diesen Aspekten ist der südostniedersächsische Raum mit seiner glänzenden wissenschaftlichen Ausstattung für eine gedeih-

liche wirtschaftliche Entwicklung geradezu hervorragend programmiert. 4 Universitäten – Braunschweig, Clausthal, Göttingen und Hannover –, 10 Akademien und Fachhochschulen, dazu 8 Forschungsanstalten des Bundes oder des Landes, 5 Max-Planck-Institute sowie darüber hinaus rund 30 wissenschaftliche Einrichtungen unterschiedlicher Träger, und nicht zu vergessen schließlich auch die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der industriellen Großbetriebe, bilden ein außerordentlich dichtes Geflecht anspruchsvoller wissenschaftlicher Institutionen. An entsprechenden Voraussetzungen zur Entwicklung der Region oder auch ganz Niedersachsens fehlt es also keinesfalls. Schon immer begründen die genannten wissenschaftlichen Einrichtungen zusätzlichen Konsum sowie Arbeitsplätze, und natürlich wirken sie sich auch im sozio-kulturellen Bereich aus. Schwerer ist dagegen die Frage zu beantworten, ob von ihnen auch die erwarteten Impulse für Innovationen ausgehen, wobei daran zu erinnern ist, daß in diesem Zusammenhang weniger die Großindustrie als vielmehr die breite Schicht mittelständischer Betriebe anzusprechen ist, die auf längere Sicht wohl als Ausgangsbasis für die wirtschaftliche Fortentwicklung der Region angesehen werden muß. Allerdings sind Entwicklungen wie in den Vereinigten Staaten – zu erinnern ist an äußerst erfolgreiche Firmengründungen aus der Wissenschaft selbst heraus wie im Silicon-valley oder hinsichtlich der Gen-Technologie –, zumindest vorerst wohl kaum zu erwarten. Hier erscheinen verbundene Fördermaßnahmen von Wirtschaft und Wissenschaft, wie sie bereits vorhanden sind, aussichtsreicher und sollten weiter ausgebaut werden. Im übrigen könnten insbesondere die Technischen Wissenschaften sicherlich mehr zur innovatorischen Entwicklung beitragen, wenn Industrie und Handwerk stärker als bisher mit konkreten Fragen, wie solche sich aus der täglichen Praxis ergeben, an jene herantreten würden.

Die Existenz wissenschaftlicher Einrichtungen allein eröffnet ihrer Region natürlich noch keine besonderen Fortschrittsmöglichkeiten. Sie müssen auf allen Stufen vor allem auch besonders leistungsfähig und leistungsbereit sein und sich vor einem Absinken in regionalen Provinzialismus hüten. Das aber läßt sich am besten durch einen regen, überregionalen Austausch von Persönlichkeiten verhindern, für den allerdings gewisse Vorbedingungen gegeben sein müssen. Wenn für die infrage stehenden Persönlichkeiten ein überregionaler Austausch von Interesse sein soll, dann müssen auch die in diesem Zusammenhang an sie ergehenden Angebote ausreichend attraktiv sein. Zwar stehen die angebotene Vergütung und die in Aussicht gestellten Arbeitsbedingungen meist im Mittelpunkt der entsprechenden Überlegungen und Verhandlungen, darüber hinaus aber ist das gebotene natürliche, städtische und kulturelle Umfeld sehr entscheidend für das Funktionieren des für erforderlich erachteten überregionalen Persönlichkeitsaustausches. Hier nun tritt eine nicht zuletzt administrative Aufgabe der Region selbst in Erscheinung, und man kann das Land Niedersachsen und vor allem die Stadt Braunschweig nur dazu beglückwünschen, daß sie diese Aufgabe begriffen haben und mit Nachdruck verfolgen. Eine besondere Rolle spielt in diesem Zusammenhang das kulturelle Ambiente, das mit Schulen, Theatern, Museen, Galerien, Konzerten und Vorträgen vor allem auch für die Familien der zu gewinnenden wissenschaftlichen Persönlichkeiten von größter Bedeutung ist. Die Braunschwei-

gische Wissenschaftliche Gesellschaft ist – über die Wahrnehmung ihrer fachwissenschaftlichen Aufgaben hinaus – Teil des angesprochenen kulturellen Ambiente. Nicht nur durch ihre Kommission für niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte trägt sie zu ihm bei, sondern auch durch Veranstaltungen wie der heutigen, die zu einem festen Bestandteil des Braunschweigischen Veranstaltungskanons geworden ist. Sie gewinnt ihre besondere Bedeutung überdies durch die mit ihr verbundene in der Regel jährliche Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille an einen hervorragenden Wissenschaftler des In- und Auslandes. In diesem Jahr hat das Konzil der Gesellschaft als das für die Verleihung zuständige Organ die Medaille Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Leopold Müller, Salzburg, zuerkannt, und ich darf nunmehr Herrn Prof. Dr. Duddeck bitten, die Laudatio unserer Klasse für Bauwissenschaften für den zu Ehrenden zu sprechen.

Laudatio durch den Vertreter der Klasse für Bauwissenschaften Prof. Dr.-Ing. H. Duddeck

Sehr verehrter, lieber Leopold Müller,
meine Damen und Herren.

Da macht sich jemand auf, das „Gespräch mit der Erde“ (Hans Cloos)* zu suchen, und ist erst 25 Jahre alt und hat in Wien Bauingenieur studiert, über statistische Kluftmessungen in Geologie mit Auszeichnung promoviert. Macht sich auf, um auf Fels, in Fels, mit Fels zu bauen und bringt eine schöpferische Intuition ein, die stets auch das Ganze sieht. Er ist Ingenieur und Geologe zugleich. Er baut und erlebt, erfährt die Realitätsferne der praktischen Ingenieurgeologie seiner Zeit, und schreibt und überzeugt – und gründet so einen ganzen neuen Wissenschaftszweig: die GEO-MECHANIK.

Diese Geomechanik will tektonische Eigenschaften der felsigen Erdkruste verstehen und als Ingenieurgeologie und Felsbaumechanik Prognosen wagen: Was geschieht, wenn der Ingenieur in Fels baut? Diese Geomechanik ist aus Salzburg über Österreich und Europa hinaus gewachsen, ist in die Universitäten der Welt eingezogen und bestimmt heute die Technik des Bauens von Staudämmen, Böschungen, Tunneln, Felshohlräumen in der ganzen Welt und sie hat „neue Triebe noch und noch“.

Diese ungewöhnliche Leistung und Sie, lieber Leopold Müller, zu ehren, sitzen wir nun hier in der mittelalterlichen Dornse. Theophrastus Bombastus von Hohenheim, Ihr Paracelsus, könnte sogar in der Tür erscheinen, um Ihnen mit uns Dank zu sagen, für das was Sie bewegt, was Sie verändert haben.

Der junge Dr. Müller baut erst einmal 16 Jahre lang Straßen, Tunnel, Wasserkraftwerke. Er fängt 1933 als Hilfsarbeiter bei der Großglockner-Hochalpenstraße an und ist bald Bauleiter auf Baustellen der Fa. Polensky und Zöllner in München, Köln, Berlin, im Kriege sogar bei Tunnelbauten in Norwegen. Nach einem Jahr in Kriegsgefangenschaft arbeitet er von 1946–1948 als Oberbauleiter am Kraftwerk Kaprun und gründet danach als Beratender Ingenieur („Ingenieurkonsulent“ heißt es in Salzburg) ein Ingenieurbüro für Geologie und Bauwesen. Es trägt ihn noch heute als Entwurfsverfasser und Berater in nahezu alle Länder der Erde: Talsperren in Bolivien, Italien, Persien, Japan; Eisenbahn- und Autotunnel in Kolumbien, Spanien, Deutschland, Südafrika, Australien; Kraftwerksbauten in Mexiko, Luxemburg, Pakistan.

In den ersten Praxisjahren erlebt der 30jährige Leopold Müller die Reaktion des Gebirges auf den Eingriff des Ingenieurs mit ungewöhnlicher Intensität. 1947 sagt er in einem Vortrag ‚Erlebte Geologie‘:

* Sofern nicht wie hier speziell vermerkt, sind alle anderen in „...“ gesetzten Textteile Zitate nach L. Müller.

„Höchst persönlich und innerlich beteiligt, dramatisch fast erlebt der bauende Ingenieur die Probleme der Tiefe. Kräften, welche über alles Maß und Vorstellung gehen, muß er Halt und Widerstand bieten.“ „Unter hohen, ja unter höchsten Spannungen ... steht allenthalben das Material der Erdkruste ... Gewaltsame Volum- und Gestaltänderungen sind der Kruste aufgezwungen. Bis zur völligen Erschöpfung seiner Festigkeit ist ihr Material beansprucht, und wir sehen es allorts geborsten, von Klüften und Spalten durchzogen, durch und durch zerbrochen und noch brechend.“

„Ein Drang und Zwang ist alles, ein unentwegtes Pressen, Zerren, Bersten, Fließen, ein Schieben und Geschobenwerden, ein Spiel und Widerspiel von Kräften, einerlei ob Ruhe oder Bewegung in den Teilen herrscht. ... Wohl denkt der Geologe an dieses Spiel ungeheurer Kräfte, wenn er die großen gebirgsbildenden Phasen der Erdgeschichte vor Augen hat ... Nach Abschluß solcher Gebirgsbildung denkt er sich jedoch für gewöhnlich: Ruhe. Der Techniker erlebt es anders.“

Sie sagten mir einmal, daß nur der ein rechter Tunnelbauer werden kann, der im Schlafsack allein im Tunnel zu schlafen versucht habe, denn: „Man muß einsam im finsternen Stollen hunderte von Metern unter Tag gehört haben, wie sich von den ... Wänden im Stollen die Steinchen mit kicherndem Geknister ablösen, um ein Gefühl für die ungeheure Beanspruchung zu bekommen, welche im Gestein der Tiefe herrscht und welche groß genug ist, im Laufe der Jahrhunderte alte Stollen immer enger und enger werden zu lassen.“

Leopold Müller fasziniert, daß es möglich sein müßte, diese Spannungszustände und deren Wirkung auf das Bauen in und auf Fels mit den Methoden der Physik, der Mechanik, des Bauingenieurs zu messen und zu berechnen. Schon früh fordert er, das Tragverhalten des Fels an Ort und Stelle in Großversuchen zu erkunden und geomechanische Berechnungen aufzustellen. Denn – und ich zitiere immer noch aus dem Vortrag ‚Erlebte Geologie‘ 1947 – „Die tektonischen Probleme, die Fragen des Gebirgsbaues sind zu einem sehr großen Teil Kraft-Körper-Probleme. Körpermassen von gewaltigem Ausmaß ... (sind) bewegt, verformt, zerbrochen und verfrachtet worden. Allenthalben tragen sie die Spuren dieser Ereignisse. Sie zu lesen, ist eine reine Aufgabe der Mechanik, welche alle stofflichen Eigenschaften dieser Körper, ihre Elastizität, ihre Härte und Weichheit, Sprödigkeit und Zähigkeit eindeutig definiert und zu den Kräften und Bewegungen in Beziehung setzt.“

„Es ist der Vorteil der exakten mechanischen Behandlung tektonischer Probleme im mathematischen Gewand, daß ihre Erkenntnisse bar aller gefühlsmäßig erfaßten Meinungen sind.“ Darin steckt viel an Enthusiasmus für und Zutrauen in die Leistungsfähigkeit der mathematisierbaren Naturbeschreibung:

„Der die Abläufe der Geschehnisse dynamisch sieht, der fügt dem *Panta rhei* des Philosophen die Erkenntnis des Technikers hinzu: Alles ist Kraft; und er geht der Kausalkette von Ursachen und Wirkungen nach und erlebt bewundernd, wie diese weder Anfang noch Ende zu haben scheint.“

„Will man sich da wundern, wenn der Bauingenieur nach einer dynamischeren Auffassung geologischer Probleme verlangt und ... fordert, daß man diese messend

verfolge? ... Wenn man weiß, wie wenig reine Fachgeologie solchen berechtigten Wünschen nachkommt, versteht man den Ruf des Ingenieurs nach einer eigenen ‚Ingenieurgeologie‘.“

Und schließlich: Es wird „nicht nur eine Mechanik für Geologen geschrieben werden müssen, sondern darüber hinaus eine Geomechanik als eigener Wissenszweig an der Naht der beiden einander leider so fremden Zweige der Mechanik und der Tektonik. ... Denn ohne Zweifel wird eine solche physikalisch fundierte Behandlung geologischer Erscheinungen ein weiterer Schritt in Richtung einer vermehrten Exaktheit dieser Wissenschaft sein. Denn die Sprache der Physik ist wie die der Mathematik unmißverständlich und eindeutig scharf.“

Und überaus charakteristisch für Leopold Müller, fügt er sofort hinzu: „Doch ist es notwendig, ... sich zunächst ein feines Gefühl für die Vorgänge im Inneren der Materie erworben zu haben ... Wie überall, so gilt auch hier, daß man etwas selbst erlebt haben muß, um es wahrhaft zu erkennen.“

Eine erste Fassung einer solchen ‚Geomechanik‘ hatte er 1944 geschrieben, über die Gefangenschaft gerettet, und sie 1946 dem Mechaniker Föppl als mögliches Habilitationsmanuskript eingereicht. Doch aus München kommt ein Nein. Auch Vorträge dazu bleiben vorerst ohne Echo.

1951 lädt er Geologen, Geophysiker, Werkstoffkundler, Mechaniker (auch Föppl), Bau- und Bergingenieure in seine Wohnung ein, weil „einer allein nichts kann“. Diese 16 gründen die Arbeitsgemeinschaft für Geomechanik. Für die jährlichen Kolloquien des Salzburger Kreises sind bald auch die Universitätsaula und die Residenz zu klein. Bis zu 1000 Teilnehmer zieht es nun ins Kongreßhaus; und das 32. Kolloquium wird's im Oktober dieses Jahres sein.

Eine österreichische Gesellschaft für Geomechanik ist daraus geworden und 1962 eine International Society for Rock Mechanics, deren 1. Präsident Leopold Müller war.

Und da sitzen sie nun beieinander, die Geologen, die Bergingenieure, die Geophysiker, die Bauingenieure, die Praktiker und die Wissenschaftler und berichten einander:

- „wie zerbrochenes Gestein bricht“;
- wie Klüftung statistisch meßbar ist und was sie bewirkt;
- wie man Spannungen und Deformationen messen und auch berechnen kann;
- daß man – weil man den Fels nun besser versteht – Tunnelwandungen in Beton nur noch 40 cm dick macht, wo vor 50 Jahren noch 100 bis 150 cm nötig waren;
- wie man die Eigenschaften des Gebirges erkundet und Felsböschungen und Kraftwerkskavernen sichert;
- und ob Messungen an Felsbauten die Prognosen bestätigen.

Und das Frappierende: sie reden nicht nur zueinander – sie verstehen sogar einander. Im allgemeinen Trend einer bis zu Unverständlichkeit gehenden Spezialisierung der Wissenschaften ist dies nicht hoch genug einzuschätzen. Der Praxisbezug, den Leopold Müller stets forderte und auch erreichte, ist ein heilsamer Zwang zur Integration der Fachdisziplinen. Der fertige Staudamm antwortet kaum partiell, sondern

weitgehend ganzheitlich darauf, ob die Beteiligten vom Geologen bis zum Bauingenieur sich wechselseitig richtig verstanden und den Stausee richtig erkundet, richtig bemessen, richtig gebaut haben.

Was da aus dem Salzburger Wohnzimmer zu einer internationalen Felsbau-mechanik herauswuchs, ist entscheidend durch die eigenen wissenschaftlichen Arbeiten von Leopold Müller geprägt und gefördert worden. Rund 200 Veröffentlichungen sind es und zwei dicke Lehrbücher, rechte „Wälzer“, über den „Felsbau“ 1963 und den „Tunnelbau“ 1978. Herausgeber der Zeitschrift „Geologie und Bauwesen“, aus der später die internationale „Rock Mechanics“ wurde, und Mitarbeit in vielen Gremien und Gesellschaften kommen hinzu. Die wissenschaftlichen Arbeiten, die ab 1948 erschienen und in denen sich auch Berichte über ausgeführte Felsbauwerke widerspiegeln, haben ein weites Spektrum:

- Mit den Unterschieden geologischer und technischer Beanspruchungen beginnt es. Weitere Themen sind:
- der Kluftkörper, das Auflockerungsmaß;
- statistische Gefügeaufnahmen;
- Klassifikationsschemata für Gebirgstypen;
- Felssicherungen, verankerte Stützmauern und Felsböschungen;
- zum Kräftespiel im Untergrund und zur Wirkung von Bergwasser auf Talsperren;
- Modellstudien über das geomechanische Verhalten von Gebirgsmassen;
- viele Arbeiten zum Tunnelbau;
- Messungen im Fels und
- eigene Entwicklungen von Meßgeräten, z.B. einer Fernsehsonde für die Erkundung in Bohrlöchern gehören noch dazu.

Die Forschung auf diesem Gebiet hatte es jedoch nicht leicht. Der Neuling, der sich außerdem noch zwischen etablierte Wissenschaften setzt, muß erst einmal nachweisen, daß er Eigenes leistet. Die Arbeiten einer 1960 gegründeten eigenen Versuchsanstalt für Felsmechanik wurden nahezu ganz aus eigener Tasche bezahlt. Da berief Leussink 1965 den 57jährigen Lehrbeauftragten in München mit einem Sondervertrag als Honorarprofessor und Leiter der Abteilung Felsmechanik nach Karlsruhe. 12 Jahre lang, ab 1970 sogar mit einem eigenen Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft, haben Sie hier, lieber Leopold Müller gelehrt, geforscht und überzeugt. Hier habe auch ich – als DFG-Gutachter – Ihren wissenschaftlichen Ansatz für das ach so spröde Gesteinsgefüge Fels schätzen gelernt, Ihren vierfachen Weg zur integrierten Erkenntnis: über das Laborexperiment an möglichst großen Prüfkörpern, über den Modellversuch mit äquivalenten Materialien, über die in-situ-Messungen und über die Berechnungsmodelle. Viele Doktorarbeiten entstanden. Eine Zellteilung nach Bochum hin gab es. Und der verehrte „Leopard“ waren Sie für die Mitarbeiter, weil ein Inder so Ihren Leopold verfremdete.

Beim Abschlußkolloquium 1978 in Karlsruhe sagen Sie zu den Erfahrungen dieser Zeit:

„Als ich dann auf der Hochschule sah, wie erstaunlich stark die junge Generation im Rechnen, wie schwach sie aber im Beobachten und im tieferen Verständnis von

Naturvorgängen ist, habe ich versucht, die Hörer nicht fertig hergestellte Gedanken nach-denken zu lassen.“ Da auch die Dummheit lehr- und lernbar sei, hätten Sie versucht, nicht zu manipulieren, sondern zu verunsichern, weshalb Sie am Vorlesungsschluß stets daran erinnerten – ich zitiere: „daß, was ich erzählt habe, beileibe nicht die Wahrheit ist, nur das Beste, was ich weiß“.

Der junge Leopold Müller war noch fasziniert von der Berechenbarkeit, von der Anwendung mathematisierbarer Mechanik auf das Kluftkörpersystem Fels. Der ältere mußte dagegen um die ausgewogene Mitte besorgt sein, mußte die Geomechanik vor dem Computer schützen. Denn die mitarbeitenden Bauingenieure, an das Berechnen zu sehr gewöhnt, waren entsetzt, daß Geologen solche riesigen und gefährdenden Bauwerke wie Tunnel, Staudämme, Kraftwerkskavernen planten, ohne eine Prognose in Maß und Zahl mit Stoffgesetz und Computer zu erstellen. Die Geologen jedoch, in ihrer visuellen, intuitiven, beschreibenden Urteilsbildung befangen, wunderten sich nicht minder, daß die Ingenieure mit Differentialgleichungen, Matrizen und Computern auch das noch berechnen wollten, was sich jeder Rechnung entzieht, und schlimmer noch, die glaubten sogar noch an solche Ergebnisse.

Leopold Müller muß da ständig Mahner sein, Wegweiser, wie Nietzsches Zarathustra rufen: „Halt, ihr seid auf falschem Wege“, damit die Angeredeten sich betroffen fragten: „Ja, sind wir überhaupt auf einem Wege?“ Und Goethe muß sogar helfen (Mephisto in Faust II):

„Was ihr nicht faßt, das fehlt euch ganz und gar,
was ihr nicht rechnet, glaubt ihr, sei nicht wahr“, und
„Das ist eine von den alten Sünden,
sie meinen Rechnen, das sei Erfinden“.

Beim Salzburger Kolloquium 1981 hält Leopold Müller ein geradezu leidenschaftliches Plädoyer für den gleichberechtigten Teil der Urteilsbildung, der sich nicht in Maß und Zahl ausdrücken läßt:

„Die ganze Entwicklung der Naturwissenschaften und Technik wäre nicht möglich gewesen, wenn alles das, was man nicht in Ziffern ausdrücken kann, als unsicher gälte. Alles, auch das Quantifizierbare ist zuerst geahnt, dann qualitativ gesehen und erst viel später messend verfolgt worden. Ein solches Denken“, nämlich, daß nur Berechenbares gilt, „führt letztlich dazu, alles das, was sich nicht quantifizieren läßt, also alle Qualitäten zu unterschlagen“. Das „grundsätzliche Mißtrauen in qualitative Bewertungen ... ist im Grunde ein Mißtrauen gegen den Menschen ...“. In 50 Berufsjahren habe er „viele und schwere Mißerfolge auf dem Gebiet des Felsbaus gesehen, aber keinen, der durch eine ungenügende oder fehlerhafte Berechnung verursacht gewesen wäre. Alle gingen auf falsche Interpretation der geologischen Daten, auf unzutreffende Eingangswerte von Berechnungen oder auf Unverständnis der geologischen Gesamtsituation zurück.“

Nein, nein, hier ist nicht ein Paulus wieder zum Saulus geworden. Der einst die Kräfte der Erdkruste durch Geomechanik erfassen wollte, will keineswegs zurück zur beschreibenden Geologie. Leopold Müller ist nur bewundernswürdig ganzheitlich

geblieben. Er hat die Spannung zwischen analytischem Denken und intuitivem Begreifen ausgehalten. Er ist nicht Moden gefolgt.

Ich füge hier gern hinzu, daß auch andere Bauingenieure sich sorgen, daß oft das gerechnet wird, was man berechnen kann, kaum das, was man müßte. Manches Bauwerk im Fels und Boden steht trotz und nicht wegen der Berechnung. Aber auch andere Wissenschaften laufen Gefahr, zu „Fliegenbeinzählern“ zu degenerieren, weil verloren gegangen ist, daß es auch eine Wissenschaftlichkeit gibt, die nicht im Messen und Zählen der Physik ihren Ursprung hat. Doch ich bin auch guten Muts: da wächst eine neue Generation heran, die den Computer so selbstverständlich beherrscht und keinen Respekt vor ihm hat: diese Generation kann gerade wegen der großen analytischen Möglichkeiten wieder frei werden für den anderen gleichwertigen, den synthetischen Weg des Zugewinns an Erkenntnissen.

Lieber Leopold Müller, wie ich Sie so kenne, werden Sie sogleich hier stehen und in all Ihrer liebenswerten Bescheidenheit sagen, daß da die vielen anderen waren, deren Ideen Sie nur aufgegriffen hatten: Josef Stini, Bruno Sander, Hans Cloos, Albert Heim und viele mehr. Doch ich meine, aus Ihren Schriften – auch und besonders aus den weniger fachbezogenen – herauszulesen, daß diese Geomechanik, die Geologie und Ingenieurwissenschaften zu integrieren hat, nicht von ungefähr eine ganz auf Ihre Persönlichkeit zugeschnittene Herausforderung war. Kaum ein anderer hätte sich dieser Herausforderung gestellt und sie so gemeistert.

Dies muß ich näher erklären: Dazu müssen meine Zuhörer wissen, daß zu Leopold Müller Salzburg gehört und die Musik, das Künstlertum im Wissenschaftler, der Paracelsus, der da durch die Tür hätte kommen können, läge er nicht in Salzburg begraben. Und dazu gehört auch Goethes Weg zur Erforschung der Natur durch ganzheitliche, sinnlich konkrete Wahrnehmung. Die Braunschweiger wissen es noch nicht: Der Vater war Dirigent, und der Sohn spielte gern und viel Pauke. Und hätte Hindemith den jungen Konzertpauker noch ein bißchen mehr gelobt, er wäre Musiker geworden – wenn, ja wenn dafür Karajan, sein Mitschüler, mehr als die drei Semester Technik studiert hätte, um schließlich Ingenieur, und nicht ein berühmter Dirigent zu werden. Ein künstlerisch Begabter ging also zum Ingenieurstudium nach Wien. Die Musik gehört noch heute dazu: Beim jährlichen Salzburger Kolloquium ist das Konzert im Rittersaal für die mehreren hundert Teilnehmer fester Programmteil.

Leopold Müller arbeitet nicht nur in des Paracelsus' Straße. Er ist Gründungsmitglied der Internationalen Paracelsus-Gesellschaft und hat manche Beiträge dazu verfaßt: ‚Paracelsus und die Welt der Gesteine‘, ‚Paracelsus und die Wasser der Erde‘ und 1982: ‚Faust und Paracelsus‘, und wenn ich richtig herausgelesen habe: auch ein Drama über Paracelsus 1942 – stimmt's? Das ganzheitliche Denken, daß allenthalben Makro- und Mikrokosmos ineinanderwirken, daß man auch Krankheiten nur ganzheitlich erklären und heilen könne, dies – so ahne ich – fasziniert ihn so an Paracelsus. Wir sprechen heute – und Gudehus erläuterte es heute morgen – von Holismus (J. C. Smuts).

Von Goethe übernimmt Leopold Müller nicht nur in Zitaten, daß man vom sinnlich Wahrnehmbaren auszugehen habe, daß die beobachtbaren Phänomene das

Wesentliche seien. Vorsicht sei geboten, wenn das mit den Sinnen Erkennbare auf Abstraktes zurückgeführt werde. Für die Geomechanik heißt dies konkret: haltet euch an die meßbaren Verformungen, an die sichtbaren Auswirkungen, Vorsicht bei allzu abstrakten Erklärungstheorien. Reale Zustände können durchaus falsche Theorien scheinbar verifizieren.

Und auch dies noch: Der Mensch ist winzig gegenüber den Gebirgen, und seine Mittel sind lächerlich klein gegenüber den Kräften der Erde. Was in Millionen von Jahren entstanden ist, läßt sich nicht allein mit Deduktion erforschen, erklären. Der Mensch braucht auch den induktiven Weg, um zu Wissen zu gelangen. Vielleicht ist dies sogar der eigentliche Weg.

Dies erklärt wohl, warum gerade Leopold Müller sich die Aufgabe stellt, aus Geologie, Felsbaupraxis und den Ingenieurwissenschaften eine Synthese zu wagen. Dies erklärt aber noch nicht, warum ihm dies so vortrefflich gelungen ist.

Wir ahnen die Einheit von kognitivem Denken und Intuition, wir zählen die Schriften, nennen die Bauwerke, sehen eine neue Wissenschaft entstehen und finden dies alles sehr viel für einen Einzelnen, und wir würdigen die Verdienste mit der Gauß-Medaille.

Aber was hat diese Leistungen im Eigentlichen erst erzeugt? Daß ein musischer Mensch, jung noch und zur Begeisterung fähig, die Kräfte der Erde als Geologe und Ingenieur so dramatisch erlebte? Daß er sich das Staunen bewahrte? Daß sich da plötzlich ein so großes Feld auftat, das es zu erforschen, zu verstehen galt? Nicht zu einem geringen Anteil wohl auch, daß diese neue Sparte der Ingenieurgeologie in der Anwendung auf die Praxis so eminent fruchtbar war, daß dieser Leopold Müller bei so vielen Großprojekten um Rat gefragt wird. Daß man so gebraucht wird und so viel bewegen kann?

Gar Vieles wäre noch zu sagen, lieber Leopold Müller:

- Wie sehr Sie in Ihrer Bescheidenheit und im Respekt vor einer anderen Meinung die Sympathien, ja Zuneigung gewinnen.
- Wie sehr Sie andere Menschen zum Guten beeinflussen, Vorbild sind im Umgang miteinander.
- Aber auch, daß Sie keine Strapazen scheuen, wenn Sie reisen können, und seien es Vorlesungsreisen wie 1959 in drei Wochen 17 Universitäten in den USA und 1980 durch China und 1982 nach Japan. Und im vergangenen Jahr noch waren es mehr als 200 000 Flugkilometer, als sei's ein Jungbrunnen für Sie.
- Daß der Lehrbuchband ‚Talsperrengründungen‘, an dem Sie arbeiten, 1983 fertig fertig werden möge, wünschen wir Ihnen und uns sehr.

Sie hatten das Glück und die Kraft, auf so vielen Gebieten schöpferisch zu sein: Sie haben in Büchern und in Köpfen unverwischbare Spuren hinterlassen. Und dies ist viel.

Der erste Straßentunnel der Neuzeit, nördlich der Alpen 220 Jahre alt, und – natürlich – in Salzburg, das Neutor, trägt die Inschrift „te saxa loquuntur“. Dies möchte ich – auf Leopold Müller bezogen – übersetzen mit: „Von Dir künden nicht nur die Steine“.

Leopold Müller:

- „Geomechanik – Wege und Entwicklungen einer jungen Wissenschaft“. Berg.- u. Hüttenmännische Monatshefte 110 Jg. H. 5/6 (1965).
- „Der Felsbau“, 1. Band: Theoretischer Teil, Felsbau über Tage, 1963 (624 S.), 2. Band: „Talsperren-Gründungen“ (in Vorbereitung), 3. Band: „Tunnelbau“ 1978 (945 S.) Ferd. Enke-Verlag Stuttgart.
- „Baugeologie der Festgesteine – Felsbaumechanik“ in Grundbau-Taschenbuch Bd. I, W. Ernst + Sohn 1971 (54 Seiten).
- „Faust und Paracelsus“ in X. Jahrbuch der Schweiz. Paracelsus-Gesellschaft, 1982.
- „Geomechanik – Felsbaumechanik – Felsbau“ Rock Mechanics, Suppl. 12, S. 1–18 (1982).

Fels – ein Baustoff mit merkwürdigen Eigenschaften

Von **Leopold Müller**, Salzburg

Fels – er hat viele Gesichter. Einem Gast aus der Tiefebene mag er finster, bedrohlich erscheinen, bei einem anderen weckt er romantische Empfindungen; für den Gebirgler wieder ist er ganz unromantisch, einfach heimatlich; den Kletterer lockt er, fordert er heraus, sich selbst zu versuchen, Gefahren zu bestehen, indes er für den Geologen ein aufgeschlagenes Buch ist, auf dessen Blättern die Geschichte unserer Erde geschrieben steht, in Hieroglyphen, deren Entzifferung Lebensinhalt sein kann; der Tektoniker im besonderen entschlüsselt die Entfaltung und Entwicklung als ein dynamisches Geschehen und nimmt eine Welt des Stirb und Werde wahr, in der alles sich verändert, nichts ist (Goethe); für ihn ist „Struktur erstarrte Bewegung“ (Hans Cloos), die einem rhythmischen Ablauf folgt, so daß ebenderselbe große Geologe, der das Wort vom „Gespräch mit der Erde“ gefunden, diese Rhythmen (ohne zu symbolisieren) „Musik der Erde“ nennen konnte, eine Art Echo auf die Harmonie der Sphären.

Harmonices mundi – harmonices terrae.

Dem nüchternen Mineralogen ist Fels Fundstätte kostbarer oder merkwürdiger Mineralien (von Paracelsus und seinen Zeitgenossen noch als Werk der Gnomen und „Bergmännlein“ angesehen); der Bergmann ringt mit dem Fels als mit einem Riesen, dem er, mit Gewalt oder mit List, unter Einsatz des Lebens seine Schätze entreißen muß; für ihn wie für den Mann im Steinbruch ein Acker unendlicher Mühen.

Nicht verwunderlich daher, daß Dichter und Maler ganz besondere Beziehungen zu Felsgebilden entwickeln, daß uns Gesteinsstücke Lionardos und Felsstudien Goethes, aber auch modern empfundene Szenerien eines Lehmden oder Schöllers ganz persönlich ansprechen und daß uns heute noch Goethes Betrachtungen über den Granit oder Darstellungen des Bergingenieurs Novalis, der den „Höheren Bergmann“ in sich zu erwecken bestrebt war, viel zu sagen haben.

Naturwissenschaftler hohen Ranges, wie Albert Heim, Hans Cloos, Bruno Sander, Josef Stini, um nur einige der leuchtendsten Namen zu nennen, haben ein Forscherleben daran gesetzt, dieser Welt der Gesteine auch ihre physikalischen Geheimnisse zu entreißen, und haben so dem Bauingenieur den Weg für seine Arbeit im Fels gebnet.

Denn für uns bauende Ingenieure ist Fels ein Baugrund, auf dem und in dem wir bauen, Straßen, Bahnen, Talsperren, Tunnel; und ein Baustoff. Ein Baustoff freilich nicht wie andere, die wir genauestens kennen und je nach unseren Zwecken wählen können, sondern einer, den wir nehmen müssen, wie er daliegt, wie ihn die Natur uns bietet. Als Gegebenheit müssen wir seine Eigenschaften und Besonderheiten hinnehmen, ebenso die unseren Arbeitszielen förderlichen wie die ihnen entgegenstehenden. Das spricht sich leicht aus, ist aber voller Schwierigkeiten und Unbe-

rechenbarkeiten, ja sogar voller Risiken und Gefahren. Höchst merkwürdig sind diese Eigenschaften, ganz anders als die anderer Werkstoffe, mit denen es je ein Techniker zu tun hat. (Das war ja der Grund, weshalb die Wissenschaften Geomechanik und Felsbaumechanik erst so spät, erst etwa 30 Jahre nach ihrer jüngeren Schwester unter den Geowissenschaften, der Boden- oder Erdbaumechanik, ans Licht der Welt gefunden haben, entsprossen einer nicht ganz unproblematischen Ehe eines höchst ungleichen Paares, Geologie und Mechanik.)

Werkstoff, Baustoff – das klingt sehr nüchtern, hört sich an, als könnten darin kaum Beziehungen zum Menschen gefunden werden. Mag sein, für manchen, aber nicht für alle. Ein jeder Tunnelbau ist ein Abenteuer, ein zäher Kampf mit dem „Gebirge“ (so nennen Bergmann und Tunnelbau ihren Fels „vor Ort“), mit dem Gebirgsdruck, der den eben unter Gefahren geschaffenen Hohlraum wieder schließen, zusammenquetschen oder einstürzen lassen möchte, ein Wettlauf mit der Zeit, ein Kampf mit einem Riesen, der tausendmal stärker ist als wir, und der nur gewonnen werden kann, wenn wir schneller sind als er. Oder wenn wir – im ganz modernen Tunnelbau – den Gegner von einst zum Partner machen, in einer Partnerschaft, in der alles nun plötzlich erstaunlich gut geht – solange wir für den Partner Verständnis haben und nicht gegen die Natur kämpfen, sondern ihr freundlich entgegenkommen, so daß auch sie sich uns gegenüber freundlich verhält, ganz wie Paracelsus meinte: „derjenige ist ein Narr, der sich witziger dünkt denn die Natur, da sie doch unser aller Lehrmeisterin ist.“

Dieser kapriziöse Gegenspieler oder Partner macht es uns freilich nicht immer leicht, ihn zu verstehen; dazu gehört viel Wissen, noch viel mehr Erfahrung, und seine komplexen Reaktionen erfordern Intuition; vielleicht auch eine gewisse persönliche Beziehung zu dieser Umwelt der Trolle. Schon hatte ich mir überlegt, meiner Plauderei die Überschrift zu geben „Erlebnisse mit Felsen“. Dabei hatte ich weniger an das etwas gruselige Gefühl gedacht, dessen ich mich nicht erwehren konnte, als ich, eingesperrt in einem gigantischen Tresor des US-Geological Departments, Trümmer von Mondgesteinen in Händen halten durfte und verwundert die kleinen Einschlagtrichter kosmischen Staubes betrachtete; als viel mehr an die stillen Stunden unter Tage (von denen ich Ihnen nie erzählt hätte, wenn Herr Kollege Duddeck nicht so liebenswürdig ausgeplaudert hätte); vor allem aber an die erlebnisreichen Jahre, in denen sich mir nach 18jährigem Bemühen die Hieroglyphenschrift der Gesteinsklüfte als eine Keilschrift entzifferte, in deren Texten uns die Gesteine über das gigantische Formänderungsgeschehen im Gebirge Kunde geben, welches sie geprägt hat. Da mußte, ehe man ein Kalkül wagen durfte, zunächst so etwas wie Anschauende Urteilkraft mühsam erlernt werden, jener goldene Schlüssel Goethes, über den viel zu erzählen wäre, wenn es die Zeit erlaubte, jene Sprache, welche Paracelsus die „signatura rerum“ nennt und in welcher allein die Gesteine sich auf ein „Gespräch mit dem Menschen“ einlassen. Denn Goethe wußte: „Die Natur offenbart ihre Geheimnisse, aber nicht jedem“, nur dem, der beharrlich, aber geduldig immer wieder anklopft.

Fels als Partner des bauenden Ingenieurs – in der Tat hängt, ganz nüchtern gesehen sein Verhalten weitgehend von uns, seinem Partner ab, ist Antwort auf unser

Tun, respons. Wie störrisch, aggressiv, er auf unsere Eingriffe reagieren kann, dazu nur ein einziges Felserlebnis als Beispiel: die Felsrutschung im Vajonttal, das ehemals Valle de Diabolo hieß. Viele erinnern sich noch der Zeitungsnachrichten vor 20 Jahren, über nahezu 2000 Opfer dieser größten Katastrophe der Baugeschichte, bei welcher aus einem eben fertig gewordenen Stausee, aufgestaut durch die wohl schönste und höchste Gewölbestaumauer der Welt, 40 Millionen Kubikmeter Wasser, der halbe Stausee, 260 m hoch in die Luft geschleudert wurden, sich durch die Schlucht ins Haupttal des Piave ergossen und innerhalb von sieben Minuten eine Stadt und fünf Ortschaften dem Erdboden gleichmachten. 275 Millionen Kubikmeter, die Masse eines ganzen Berges, waren mit D-Zuggeschwindigkeit zu Tal gegliitten, hatten die 90 m breite Schlucht einfach übersprungen und die Wasser des Sees nach oben geschleudert, ein Ereignis, das sechs Ingenieure ins Gefängnis brachte und einen in Verzweiflung sein Leben beenden ließ. Ich sagte damals vor den Richtern, Schuld wären an diesem Ereignis diejenigen, welche alle Forschungsgelder der Großstaaten in die Vorbereitung zu Kämpfen im zirkumterrestrischen Raum, dem fälschlich so genannten Weltraum, investierten, anstatt wenigstens einen winzigen Promille-Anteil davon in jene Forschungen zu lenken, welche geeignet wären, das Leben auf der Erde zu sichern. Denn wenn die geomechanische Forschung nur 10 Jahre früher hätte begonnen werden können (nach bereits vorhandenen Konzepten), dann hätte dieses Unglück, ebenso wie der Bruch der Talsperre Malpasset in Frankreich nicht geschehen müssen. Die Richter hatten leicht zu sagen, man hätte ganz einfach nicht bauen dürfen, wenn nicht mit apodiktischer Gewißheit jegliche Gefahr ausgeschlossen werden konnte. Dürfte man dann überhaupt etwas bauen? Und was sollten die Verantwortlichen denn tun, denen drei Spezialisten von Weltruf versichert hatten, nichts wirklich Gefahrbringendes werde passieren, während nur ein einziger, überdies jüngerer, Geomechaniker, die Rutschung in voller Größe vorausgesagt hatte, und auch dies nicht mit einer solchen Geschwindigkeit und Wucht, mit der sie dann niederraste, – erstmalig in der Geschichte und Literatur.

Die komplizierten Eigenschaften des Werkstoffes Fels hängen mit seiner Entstehung und den Geschicken zusammen, die die sogenannte feste – in Wahrheit gar nicht so feste, sondern sehr bewegliche – Kruste der Erde, diese dünne Eierschale auf einem plastischen Substrat, seit altersher bis in die Gegenwart erleidet. Die Wortbezeichnung „Fels“, die daran erinnert, daß Gestein einen Grund abgeben kann, auf dem man Kirchen bauen kann, die trägt. Fels, oder wie wir lieber sagen: „Gebirge“, ist zerbrochenes, durch und durch zerklüftetes Gestein, so schwach mitunter in seiner äußersten Zerbrechung, daß es sich flacher böschts als Schutthalden oder Sandberge. Riesenkräfte haben die Kruste bewegt, geschoben und gefaltet, bewegen sich noch; Kräfte von solcher Intensität, daß ihnen härtester Granit und auch noch festere Gesteine nicht standhalten, sondern unter ihrem Drang und Zwang in eine Unsumme größerer und kleinerer Teilkörper, „Kluftkörper“, zerlegt werden. Fels ist also kein Kontinuum, wie alle unsere übrigen Werkstoffe, und – da haben wir schon die erste Schwierigkeit – gehorcht daher ganz und gar nicht mehr den Gesetzen der Kontinuumsmechanik, wie wir sie auf den Technischen Schulen lernen. Dieser Umstand

machte das Felsmaterial noch vor 30 Jahren, da es keine Diskontinuumsmechanik gab, völlig „unberechenbar“, im allgemeinen, aber auch im mathematischen Sinne.

Felsbaumechanik aber will berechenbar machen. Sie stand – und steht teilweise noch immer – vor der seltsamen Frage: wie bricht Zerbrochenes? Denn Felsböschungen, Ein- und Anschnitte von Verkehrswegen, Baugruben, Gründungen, z.B. Fundierungen hoher Staumauern, Tunnel – alles besteht aus diesem zerbrochenen Material, dessen Verhalten, dessen Reaktionen auf unsere Eingriffe wir voraussagen sollen. Und es ist gelungen: große Fels-Rutschungen wie die vom Gepatsch-Speicher in Tirol oder die am Rande des Golfes von Patras, am Peloponnes, von Libby im Norden der Rocky Mountains, wurden beherrscht, gebändigt, besänftigt und bezähmt, zielsicher und mit wohlberechneten Mitteln, eigens zu solchem Zweck erdacht. Erschwert werden solche Arbeiten nur leider durch die politischen und Finanzverwaltungen, welche die Mittel zur rechtzeitigen Erkundung des Gebirges selten zeitgerecht, nämlich in der Zeit der Vorplanung, zur Verfügung stellen, sondern erst dann, bis sie endlich „aus einem anderen Titel“ freiwerden und zwar zu einer Zeit, in der es für ausreichende Vorerhebungen oft schon zu spät ist und gebaut werden möchte.

Die junge Wissenschaft der Felsmechanik (wie die Welt sie nennt, „Rock Mechanics“) oder Geomechanik (wie wir im Deutschen lieber sagen), trägt einen Januskopf. Er richtet seinen Blick zum einen auf Ingenieuraufgaben, auf den Felsbau; – Felsbaumechanik –; zum anderen auf die Probleme der Gebirgsbildung und -ausformung, der mechanischen Erklärung tektonischer Gebilde, – „Tektonomechanik“, eine erst in Anfangsgründen vorhandene, in mehr oder minder privater Forschung entwickelte und noch an keiner Hochschule beheimatete Disziplin.

Von den Besonderheiten unseres Baustoffes erwähnten wir bereits seine Diskontinuität. Die Eigenschaften, die diese Zerteiltheit zur Folge hat: Entfestigung und Anisotropie, erläuterte ich in einführenden Vorlesungen gern mittels eines sehr primitiven Experimentariums: einer Schachtel Würfelzucker und einem Zuckerhut. (Denn in der Geomechanik ist es, wie in jeder komplexen Materie der Wissenschaft, das Wichtigste: das Elementare verstanden zu haben; warum verhält sich Fels so und nicht anders unter gewissen, aber wieder ganz anders unter anderen Bedingungen?) Bei diesem einfachen „Experiment“ leuchtet sofort ein, daß beides, Zuckerschachtel und Zuckerhut, verschiedene Erscheinungsformen desselben Stoffes sind, und daß der Zucker in der Schachtel, die sich zusammendrücken, verwinden und verbiegen läßt, nicht mehr annähernd dieselbe Festigkeit und Steifigkeit besitzt wie der massive Zucker, aus dem der Zuckerhut und die einzelnen Würfel bestehen.

Und gleich noch etwas anderes zeigt sich: daß man den Zucker in der Schachtel in Richtung der Diagonalen viel leichter zusammendrücken kann als parallel zu den Seitenwänden der Würfelstückchen und der Schachtel. In verschiedenen Richtungen ist die geklüftete Masse unseres Zucker-„Gebirges“, verschieden steif, verschieden fest, verschieden tragfähig – Mechanische Anisotropie nennen wir das, Richtungsabhängigkeit in Bezug auf mechanische Eigenschaften. Eine andere Anisotropie, hydraulische Anisotropie, würden wir entdecken, wenn wir durch eine geklüftete Masse eine Flüssigkeit schicken würden, im Fels z.B. Grundwasser, „Bergwasser“; es

würde sich in verschiedenen Richtungen sehr verschieden leicht und verschieden rasch hindurchbewegen.

Die Eigenschaften der Felsmassen sind alles eher als konstant. Sogar von der Größe des jeweilig betrachteten Bereiches hängen sie ab: Hochfest und steif ist der Kristall; viel weniger schon der Stein, der aus Kristallen oder Kriställchen besteht; noch weit weniger der Fels im Bereich einer Baugrube oder eines Tunnels; aber ganz weich und unfest wird der Fels, sobald wir große Gebirgszüge betrachten. Denn von Stufe zu Stufe kommen neue Bewegungsbahnen hinzu, welche ihn immer weniger fest und immer beweglicher machen. Die Zeit reicht leider nicht hin, das zu erklären.

Nur soviel für heute: die Eigenschaften geklüfteter Medien sind nur in geringem Grade Funktionen der Substanz, sondern sie sind im wesentlichen Funktionen des Verbandes, der ihre einzelnen Teilkörper verbindet, sie trotz ihrer Getrenntheit zu einem ganzheitlichen Reagieren zwingt. Wir nennen die räumliche Anordnung aller Trennflächen, Schichten, Zonen usw. das Gefüge. Geomechanik ist dergestalt Gefügemechanik. Als die „Innere Gestalt“ des Gesteins spricht Sander, mit W. Schmidt der Begründer einer viel umfassenden Gefügekunde, diese Gefüge an. Je besser wir unsere Baukonstruktionen diesem Gefüge anpassen, das fast alle Eigenschaften der Felsmassen bestimmt, desto sicherer und desto wirtschaftlicher bauen wir. Wo es an dieser Anpassung fehlte, passierten Mißerfolge, sogar Katastrophen, wie z.B. an einem der größten Stauwerke der Welt, am Pakistanischen Tarbela-Damm, einer Konstruktion, an der die namhaftesten Ingenieurbüros der Welt beteiligt waren, aber die Geomechanik nicht genügend ernstgenommen wurde. An der Staumauer Tachien (in Taiwan) hingegen verstand man es, eine 200 m hohe Gewölbestaumauer dem Gefüge der Felswiderlager anzupassen, wenngleich sie dadurch sehr unsymmetrisch ausfiel, und alles ging bestens.

Eine weitere Besonderheit unseres Werkstoffes: seine überaus große Querdehnung unter einachsiger Belastung, also seine Formänderungen quer zur Hauptbelastungsrichtung. Bis zu 16% haben sich die Felsmassen der katastrophalen Rutschung im Vajonttal aufgestaucht, verdickt; bei Beton oder Stahl erreichen gleichartige Vorgänge höchstens Bruchteile dieses Betrages. Diese Erkenntnis hat zu einer der wichtigsten Folgerungen für den praktischen Felsbau geführt: seit wir wissen, wie sehr die Belastungsfähigkeit klüftigen Felsens mit seinem Querdehnungsverhalten verknüpft ist, können wir nicht nur in Tunneln und in tragendem Felsuntergrund von Talsperren, der mit Millionen von Tonnen belastet ist, die im Fels vorhandene Tragsicherheit durch Messungen einschätzen und in den Griff bekommen; sondern wir haben daraus gelernt, daß wir selbst mäßig starken Fels tragfähig erhalten können, seine Belastbarkeit erhöhen können, wenn wir seine Querdehnungen beschränken, wenn wir ihm „Querstützung“ geben; und das kann oft mit erstaunlich geringen Kräften geschehen. So konnte z.B. die Vajonttalsperre trotz 8facher Überlastung während der Katastrophe durch die herabstürzenden Wasser gerettet werden durch eine Bewehrung ihrer Felswiderlager, deren durch Vorspannkabel eingetretene Kräfte nicht mehr betrug als etwa 0,3% der auf die Mauer im Ruhlastfall wirkenden Wasserlast von etwa dreieinhalb Millionen Tonnen.

Seit wir diese Zusammenhänge durchschaut haben, verstehen wir endlich auch, wieso sich unsere fast lächerlich geringen Ankerkräfte und dünnen Spritzbetonschalen in Tunneln als stark genug erweisen, um zu verhindern, daß uns der Gebirgsdruck die schöne, eben aufgefahrene Röhre wieder zerdrückt. So durften wir es wagen, die größte künstliche Höhle der Welt, das Krafthaus Waldeck in Hessen, einen Hohlraum von Kirchturmhöhe und von 33 m freier Spannweite, allein durch solche vorgespannte Felsanker zu sichern, wo wir noch vor wenigen Jahren stahlverstärkte Betongewölbe und -wände von vielleicht 2 m Dicke zur Stützung des Gebirges eingebaut hätten. Fruchtbare Theorie im Tunnelbau, in eben jenem Zweig der Bautechnik, dessen Fortschritt bis vor etwa 20 Jahren ein halbes Jahrhundert lang durch unzutreffende Theorien gehemmt worden war.

Nun aber haben wir Theorien, welche nicht mehr mit der Praxis in Widerspruch stehen, sondern aus ihr geboren sind. Im modernen Tunnelbau halten wir uns, wenn wir auch hochentwickelte Rechenverfahren entwickelt und in Gebrauch genommen haben, bei der eigentlichen Bemessung „vor Ort“, dort wo wirklich und endgültig entschieden werden muß, wie stark und wie rasch, mit welchen Mitteln der Hohlraum im Berg gestützt werden muß, rein an die Verknüpfung der Phänomene, welche nach Goethe die Lehre sind, in diesem Falle der Phänomene des Verformungsgeschehens, ohne „hinter den Schleier der Phänomene“ zu treten, d.h. ohne die Verformungen umzudenken in Kräfte und Spannungen. Herr Kollege Duddeck hat vom Einfluß Goethes bzw. seiner Wissenschaftsmethodik auf die Felsbaumechanik gesprochen; hier haben wir tatsächlich angewandten Goetheanismus.

Das mechanische Verhalten klüftigen Felsens ist aber noch vielschichtiger (ich spreche, wie Sie bemerken, schon gar nicht mehr von Eigenschaften, sondern vom Verhalten, wir treiben sozusagen Verhaltensforschung): denn dieses Verhalten ist, neben allem anderen auch noch vom jeweiligen Spannungszustand des Gebirges abhängig, in hohem Maße auch von der Zeit und überdies von dem in seinen Klüften befindlichen Wasser, dem „Kluftwasser“!

Da der Spannungszustand an jeder Stelle unserer Felsbauwerke ein anderer ist, in der Firste eines Tunnels ein anderer als in den seitlichen Wänden, den „Ulmen“, in einiger Entfernung von der ausgebrochenen Gesteinsleibung ein anderer als in deren Nähe, haben wir sozusagen rundum lauter unterschiedliches Verhalten, ganz verschiedene Eigenschaften, fast könnten wir sagen, lauter verschiedene Gebirge in ein und demselben Gebirge.

Dazu muß man aber noch wissen, daß die meisten unserer Felsgebirge voll Spannungen sind, unter Hochspannungen stehen, was wir am ehesten nachempfinden können, wenn sich diese gelegentlich entladen und wir Erdbeben wahrnehmen, die, an einem Punkt der Erde auftretend, den ganzen Erdball in meßbare Vibrationen versetzen. Denn die Erdgeschichte ist ja nicht zu Ende; ebensowenig wie unsere menschliche Geschichte. Hans Carossa sagt einmal, vor dem ersten Kriege hätten die Menschen so unbekümmert gelebt, „als wären alle Kriege und Revolutionen der Vergangenheit nur dazu dagewesen, uns ein ruhiges Leben zu sichern“. Ganz so hat man – lange Zeit auch in der Geologie gedacht. Heute wissen wir, daß wir auf einer „un-

ruhigen Erde“ – der Titel eines sehr schönen und noch immer aktuellen Buches von Gheyselinck – leben und daß noch immer Gebirge entstehen und vergehen und Seismos auch heute noch wie im zweiten Faust sagen kann: „Und hätte ich nicht geschüttelt und gerüttelt, wie wäre diese Welt so schön“?

(Nebenbei: ich bin, mit vielen tibetischen Lamas, durchaus der Meinung, die Erde müsse sich keineswegs alles gefallen lassen, was die Menschen auf ihr, mit ihr, treiben – und bin, gemeinsam mit einer Minderheit von Geowissenschaftlern, der Überzeugung, daß seit Jahrzehnten die tektonische Tätigkeit auf unserem Planeten zunimmt. Als ein Außenseiter, den mir der Rektor der Universität Karlsruhe bei einem großen Colloquium aus Anlaß meines Ausscheidens öffentlich, in wohlwollendem Tone, bescheinigt hat, kann ich mir eine solche Aussage leisten). Sagt doch auch Rilke – und Dichter muß man ernst nehmen! – „Wir spielen mit dunklen Kräften, die wir mit unseren Namen nicht fassen, wie Kinder, die mit dem Feuer spielen, und es scheint einen Augenblick, als hätte alle Energie bisher ungebraucht in den Dingen gelegen, bis wir kamen, um sie auf unser flüchtiges Leben und seine Bedürfnisse anzuwenden. Aber immer und immer wieder in Jahrtausenden schütteln die Kräfte ihre Namen ab und erhalten sich wie ein unterdrückter Stand gegen ihre kleinen Herren, ja nicht einmal gegen sie – sie stehen einfach auf, und die Kulturen fallen von den Schultern der Erde.“ Ganz ähnlich Erhard Kästner.

Hochdramatische Erlebnisse ließen sich erzählen, nicht nur aus dem Tunnelbau und dem Bergbau vieler Länder, auch aus dem Talsperrenbau, Ereignisse, welche entweder durch hohe Gebirgsspannungen bedingt waren, die sich austobten, wenn man störend eingriff – und fast jeder unserer Eingriffe ist eine Störung – oder die sich verhängnisvoll in donnernden „Gebirgsschlägen“ kundtun, wie sie z. B. in 3000 und mehr Metern Tiefe unter Tage im südafrikanischen Goldbergbau jährlich viele hundert Menschenleben in einem einzigen der dort zahlreichen Bergwerke hinwegraffen.

Fels, wie wir ihn sehen müssen, besteht aber nicht nur aus Stein, besteht aus Stein, Wasser und Luft. Die beiden letztgenannten Elemente sind in Poren und Klüften des Gesteins enthalten, in Poren eingeschlossen, in den Klüften zirkulierend. Ein Zweiphasensystem zumindest also, wenn wir den Einfluß der gasförmigen Phase vernachlässigen, was für die meisten Beziehungen zulässig ist.

Als 1926 die Gleno-Talsperre in den italienischen Alpen brach und die Wasserflut 600 Menschenleben vernichtete, waren die Ursachen dieser Katastrophe den Fachleuten der Zeit völlig unklar, und erst vor etwa 25 Jahren haben wir im Salzburger Kreis die Zusammenhänge darzustellen vermocht: das Wasser in den Klüften hatte mit seinem Druck die Reibung (die ja druckabhängig ist) zu einem wesentlichen Teil herabgesetzt, so daß ein großer Abschnitt der Sperre auf einem System von reibungsarm gewordenen Klüften einfach in die Tiefe gleiten mußte. (Bemerkenswert übrigens, daß bereits damals ein österreichischer Physiker und Philosoph, R. Steiner, richtig sah und unmittelbar nach der Katastrophe schreiben konnte, daß dieses Unglück nicht hätte geschehen müssen, wenn man die Gesetze des Archimedes nicht nur gelernt, sondern auch in sein Denken aufgenommen hätte).

Fels ist ein Zweiphasensystem. Viele Talsperrenmißerfolge, die in letzter Zeit durch die Presse gegangen sind, z. B. die viele 100 Millionen-Dollar-Reparaturen der Hochwasserüberfälle am Pakistanischen Tarbela-Damm, aber auch unliebsame Erscheinungen an europäischen Talsperren, hängen mit dem immer noch zu wenig beachteten Wesen des Zweiphasensystems zusammen. Wir alle haben noch die Katastrophe von Malpasset in Erinnerung, bei welcher 300 Menschen ihr Leben lassen mußten, als die Talsperre ihre erste Füllung erfuhr – Tücke des Zweiphasensystems; man hatte die Berechnungen nur auf ein Einphasensystem abgestellt.

Kluftwasserdruck entfestigt, plastifiziert geradezu das Gebirge, macht es bewegungssüchtig. Ohne Kluft- und Porenwasserdruck könnten wir die Beweglichkeit mächtiger Gebirgsketten in großen Teufen und innerhalb geologischer Zeiträume nicht erklären, und auch nicht den Formenreichtum ihrer Faltungen. Kluftwasserdruck kann Erdbeben erzeugen in Gebieten, in denen vorher noch nie Erschütterungen erfahren wurden, wie z. B. durch Einpressen flüssiger Chemieabfälle in einem Bohrloch bei Denver oder durch den Aufstau künstlicher Seen, was bei einem der ersten Ereignisse dieser Art viele hundert Menschenleben kostete.

Unter einer stoßweise auftretenden Wasserdruckbelastung gar kann Reibungsschluß auf Klüften und somit zwischen den Kluftkörpern sogar ganz annulliert werden; das war bei der schon erwähnten Großkatastrophe im Vajonttal der Fall, wo 600 Millionen Tonnen Fels plötzlich begannen, wie eine Flüssigkeit talwärts zu schießen. Ich spreche von Massenthixotropie (ich sage das in der Ersten Person, weil diese Auffassung nicht ganz unwidersprochen geblieben ist).

Alle diese reichlich variablen Größen und Einflüsse werden nun noch variabler, wenn wir auch die Zeit mit betrachten, die rasche oder weniger rasche, mitunter unendlich langsame, bei einer Sprengung oder einem Erdbeben wieder unendlich rasche Aufbringung der Be- oder Entlastung, aber auch die Zeitdauer einer Last. Was aussieht wie ein starrer, spröder, fester Körper, wird z. B. bei sehr lange währender Beanspruchung vor dem geistigen Auge des Geomechanikers zu einem plastischen, vergleichsweise leicht verformbaren, flexiblen Stoff, der sich nach den Gesetzen der Rheologie verhält, also nach der Lehre vom mechanischen Verhalten steifer bis hochsteifer Flüssigkeiten. In der Tat sprechen wir, wenn wir uns über Gebirgsbildungsvorgänge unterhalten, auch unter Geologen, von „Sekularfließen“; denn mit statischen Begriffen kommt man diesem Geschehen, im Verlauf dessen Gebirgsmassen zusammengeschoppt gefaltet, überfaltet, überschoben werden, nicht mehr nahe. Als ein besonderer Einfluß erweisen sich wiederholte Be- und Entlastungen, Wechsellasten, wie sie bei gemauerten Talsperren auftreten, die sich jeden Sommer um viele Zentimeter verschieben und sich vornüberneigen, um dann im Winter wieder zurückzufedern. Erst im letzten Jahre konnte ich diesen Dingen, zusammen mit einem jungen chinesischen Kollegen, Ge, auch rechnerisch auf den Leib rücken.

* * * *

Alle diese schier unendliche Vielfalt der Erscheinungen zusammenzuschauen, gegeneinander abzuwägen, in ihrer Bedeutung für die Geologie und für das Bauwesen

richtig zu bewerten, bedarf es eines weitwinkeligen Blickes, einer Kombinationsgabe, einer gewissen Vielseitigkeit. Hier muß der Makroskopiker den Mikroskopiker ergänzen. Aus hundert über Räume und Zeiten verteilten Beobachtungen zunächst doch ein Bild erstehen zu lassen, aus hundert Indizien eine Schlußfolgerung zu ziehen, gleicht dem Lesen in einer vielzeiligen großen Orchesterpartitur.

Ein dynamisches Weltbild wird der schier verwirrenden Flucht der Erscheinungen, aber auch der erwähnten Wechselwirkung zweier Partner, Fels und Mensch, weit eher gerecht als unser auf den Schulen fast ausschließlich gepflegtes statisches Weltbild. Auch mußten wir erst lernen, mehr in Verformungen und Bewegungen als in Spannungen zu denken; das ist für uns alle ungewohnt. Während Spannungen niemals wirklich gemessen worden sind und wir nicht einmal wissen, ob es sie gibt oder ob sie (im Sinne Goethes) etwas von uns Hinzugedachtes sind, können Bewegungen und Formänderungen in der Natur unmittelbar beobachtet und leicht gemessen werden. So erforderte es denn auch die Pflicht zur Konsequenz, neue Bruchkriterien aus reinen Verformungsmessungen zu entwickeln, ohne den Umweg über Spannungen; Kriterien, von denen wir uns nach anfänglichen Erfolgen noch sehr viel erwarten dürfen.

So wie die Japaner sagen: eine Talsperre müsse mit ihrem Fels verheiratet sein (was freilich eine oft ungleiche Ehe ist – sie jung und schön, er uralt und häßlich, sie neu und strahlend, er dagegen runzelig und verwittert; sie berechnend, er ganz unberechenbar, kraftstrotzend sie, dagegen er oft so geschwächt, daß er Injektionen bekommen muß); – wie also eine Staumauer und ihr Untergrund ein System und nicht zwei Systeme sind, ganz so muß in allen felsbautechnischen Betrachtungen eine ganzheitliche Sicht herrschen. Denn alles ist schließlich Mikrokosmos in einem großen Makrokosmos. Womit wir wieder bei Paracelsus wären.

Geomechanik muß stoff- und naturnahe getrieben werden. Während noch vor 40 Jahren viele Geologen nicht einmal die Millionen von Klüften gesehen haben, welche das Gestein allenthalben durchziehen, – denn „nichts ist“, nach einem alten lateinischen Wort „in den Sinnen, was nicht vorher im Denken war“ – müssen wir heute subtilste Naturbeobachtung in der Geomechanik als eine *conditio sine qua non* betrachten. Mehr noch: wir sollten außer mit dem äußeren auch mit dem inneren Auge sehen lernen, welches die „Salbe des Derwischs“ im Märchen öffnet. Denn Salomon, der alles für quantifizierbar hielt, wenn er sagte, Gott habe die Welt (nur) nach Maß, Zahl und Gewicht geschaffen, hat nur teilweise recht. Mit Zahlen, Ziffern und Indizes läßt sich trefflich streiten, auch ein System bereiten, man fühlt sich in ihrer Welt der Quantitäten sicher. Aber man ist es häufig nicht wirklich; denn wohl hat alles Quantität, aber es hat auch Qualität, und diese ist meist nicht quantifizierbar. In dieser Hinsicht tut ein Felsmechaniker gut daran, sich von dem abendländischen Fehler des Entweder-Oder-Denkens zu lösen und den vierten Hauptsatz des Aristoteles (vom ausgeschlossenen Dritten) endlich wieder einmal neu zu durchdenken, welcher zu einer Laufmasche unserer Logik geworden ist. Gegensätze sind keine Widersprüche, ihre Synthese zu finden, in allen Dingen, ist Zukunftsaufgabe. Eine Aufgabe voll Verantwortung für den Menschen und den Stern, auf dem wir wohnen.

DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

VERLEIHT DIE
CARL-FRIEDRICH-GAUSS-MEDAILLE

HERRN PROFESSOR DR. TECHN. DR. MONT. H. C.

LEOPOLD MÜLLER

IN WÜRDIGUNG SEINER AUSSERORDENTLICHEN
VERDIENSTE AUF DEM GEBIET DER GEOMECHANIK,
INSBESONDERE DER FELSBAUMECHANIK.

Professor Dr. Leopold Müller hat einen neuen Zweig der Geowissenschaften, der das Verhalten geklüfteter Felsgebirge bei Eingriffen durch Ingenieurbauten erforscht, begründet, entwickelt und gefördert. Er hat entscheidend dazu beigetragen, daß die Wissenschaft Felsmechanik in ihren theoretischen Grundlagen, in Feld- und Laborversuchen weltweit entwickelt ist und daß in der Praxis des Fels- und Tunnelbaus felsgerechtere und damit wesentlich bessere Bauweisen angewandt werden.

Braunschweig, den 30. April 1983



Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft

Müller, Leopold, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorarprofessor an der Universität Salzburg,
A-5020 Salzburg, Paracelsusstraße 3

- geboren: 9. 1. 1908 in Salzburg/Österreich
Bundesgymnasium Salzburg
- 1926–1932 Technische Hochschule Wien
1933 Promotion zum Dr. techn. (TH Wien)
1933–1948 Bauunternehmung Polensky & Zöllner (München, Köln, Berlin)
1948 Ingenieurkonsulent für Bauwesen in Salzburg;
beratende und Projektierungstätigkeit in 56 Ländern
1965–1976 Honorarprofessor der Universität Karlsruhe
(Leiter der Abteilung Felsmechanik)
1978 Honorarprofessor der Universität Salzburg
- Publikationen: ca. 200 Veröffentlichungen über Ingenieurgeologie, Geomechanik, Felsbau
Lehrbuch „Der Felsbau“, Bd. I–III
- Herausgabe: seit 1957 Herausgabe des Archivs „Geologie und Bauwesen“, später Rock
Mechanics, Springer-Verlag Wien (bis 1982)
seit 1960 Herausgabe der Proceedings der Salzburger Geomechanik-
Kolloquien
- Mitglied: Internat. Ges. f. Felsmechanik (1. Präsident)
Österr. Ges. f. Geomechanik (1. Präsident)
Internat. Büro f. Gebirgsmechanik (1959–68), D. Akad. Wiss. Berlin
Internat. Paracelsus-Gesellschaft Salzburg
Korrespond. Mitglied der Akademie der Wiss. Bologna
International Centre of Mechan. Sciences Udine
Österreichische Staubeckenkommission (ICOLD) Wien
Verschiedene Beratungskommission der International Bank of Reconstruc-
tion and Development, Washington
1983 Korrespond. Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesell-
schaft
- Ehrungen:
- 1963 Baurat h. c.
1965 Dr. mont. h. c. der Montanistischen Hochschule Loeben
1971 Ehrenmitglied des Österr. Ingenieur- und Architektenver. Goldener Ring
der Stadt Salzburg
Rock Mechanics Award der American International Society for Mining
Engineers
1972 Goldenes Verdienstzeichen des Landes Salzburg
1977 Wissenschaftspreis der Stadt Salzburg
1983 Hans-Cloos-Medaille der Internationalen Gesellschaft für Ingenieurgeologie
(Verleihung 1984)
1983 Carl-Friedrich-Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen
Gesellschaft

Schlußwort des Generalsekretärs

Im Namen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und dieses Auditoriums danke ich Ihnen, sehr verehrter Herr Professor Müller, für Ihren Vortrag über das Thema „Fels – ein Baustoff mit merkwürdigen Eigenschaften“.

Sie haben uns damit einen Einblick gegeben in ein Gebiet, dessen Entwicklung Sie selbst maßgeblich mitgestaltet haben. Wir haben gehört, wie vielfältig die Probleme sind, die schließlich in der Praxis gemeistert werden müssen. Die Synthese von grundlegenden Kenntnissen in der Geologie, der Physik und den Ingenieurwissenschaften, zusammen mit der Fülle der praktischen Erfahrungen und einem Gespür für neue technische Möglichkeiten ergibt erst die Grundlage für technische Pioniertaten, welche zum Wohle der Menschheit durch Sie und Ihre Mitarbeiter und Schüler verwirklicht worden sind. Gestatten Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, eine nicht ganz ernst zu nehmende Nebenbemerkung: Um wieviel leichter hätte es Hannibal bei seiner Alpenüberquerung gehabt, wenn er damals bereits die heutigen Tunnelbauten vorgefunden hätte! Allerdings wäre eine andere Frage aufgetaucht: „Wie motiviert man die Elefanten, durch einen Tunnel zu marschieren?“

Ich darf meinen Dank auch denen aussprechen, die zum Gelingen der diesjährigen Gauß-Gedenkfeier beigetragen haben, vor allem den Herren Dr.-Ing. Mandl, Den Haag, und Prof. Dr.-Ing. Gudehus, Karlsruhe, für Ihre Fachvorträge mit den Themen

„Tektonomechanik – Stiefkind der Geologie?“

und

„Das Pendeln zwischen Geomechanik und der Goetechnik in der Ingenieurpraxis“.

Es ist ein guter Brauch, die Gauß-Gedenkfeier mit einer fachwissenschaftlichen Vortragsveranstaltung einzuleiten, welche die feierliche Jahresversammlung thematisch vorbereitet und zur Ehre von Carl Friedrich Gauß und dem jeweiligen Gauß-Medallenträger durchgeführt wird.

Mit einem Dank an Sie alle, die Sie als Gäste unserer Einladung zu dieser Feier gefolgt sind, darf ich die heutige Veranstaltung schließen und Sie noch im Namen der Stadt darauf hinweisen, daß im Anschluß ein Empfang der Stadt Braunschweig im hiesigen altherwürdigen Rathaus stattfindet.

Veröffentlichungen

Im Berichtsjahr wurden veröffentlicht:

„Forschungsberichte und Mitteilungen der BWG“ 1982

„Abhandlungen der BWG“, Bd. XXXV (1983) mit 10 wissenschaftlichen Beiträgen
Martin Gosebruch: „Vom oberrheinisch-sächsischen Weg der Kathedralgotik nach Deutschland“, Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte bei der BWG“, Bd. 1

In Vorbereitung sind:

„Jahrbuch 1983 der BWG“

„Abhandlungen der BWG“, Bd. XXXVI (1984)

„Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte“,
Bd. 2

Geschäftliche Mitteilungen

Das Plenum trat am 18.11.1983 zu seiner durch die Satzung vorgeschriebenen jährlichen *Hauptsitzung* zusammen. Es nahm zustimmend die Berichte des Präsidenten und des Generalsekretärs entgegen, entlastete den Verwaltungsausschuß für dessen Tätigkeit im Rechnungsjahr 1982, faßte die erforderlichen Beschlüsse zu den Haushalten 1984 und 1985 und beschloß einige notwendig gewordene Änderungen der Bestimmungen über die Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille und der Druckschriftenordnung. Ferner wählte das Plenum auf dieser Hauptsitzung Prof. Dr. rer. techn. Karl Heinrich Olsen erneut zum Präsidenten für die Amtsperiode vom 1. 1. 1984 bis zum 31. 12. 1986.

Der Verwaltungsausschuß trat zweimal zur Erledigung von Regularien zusammen und das Konzil beschloß auf seiner Sitzung vom 18. 11. 1983, Prof. Dr. rer. nat. Heinz Beneking, Aachen, die Carl-Friedrich-Gauß-Medaille des Jahres 1984 anzutragen. Die Klasse für Ingenieurwissenschaften wählte am 7.10.1983 Prof. Dr.-Ing. Rudolf Jeschar für die Amtsperiode vom 1.1.1984 bis zum 31.12.1987 zu ihrem Vorsitzenden.

Todesfälle

- Friedrichs Kurt Otto (28.9.1901–1.1.1983) – Prof. Dr. phil. Dres. h. c.
korrespondierendes Mitglied der BWG seit 1959
- Johannsen, Friedrich (17.9.1897–5.5.1983) – Prof. Dr.-Ing.
ordentliches, später korrespondierendes Mitglied der BWG
seit 1953
- Carafoli, Elie (15.9.1901–24.10.1983) – Prof. Dr. rer. nat.
korrespondierendes Mitglied der BWG seit 1975
Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1970

Zuwahlen

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 7.1.1983 gewählt
in die Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Bartels, Heinz, Dr. med., o. Professor für Physiologie an der Medizinischen Hochschule in Hannover, Meitnerstraße 4, 3000 Hannover 61

- geboren: 21.10.1920 in Friedrichshafen
- 1927–1939 Schulen: Friedrichshafen, Heidelberg, Stuttgart
 1941–1947 Universitäten München, Straßburg, Tübingen
 1947 Promotion zum Dr. med.
 1951 Habilitation, *venia legendi* für Physiologie an der Universität Kiel
 1948–1951 Assistent Universität Kiel
 1951–1953 Oberassistent Universität Kiel
 1953–1955 Oberassistent Universität Göttingen, Vertretung des Lehrstuhls für Physiologie in Göttingen
 1955–1958 Oberassistent Universität Tübingen
 1956 apl. Professor
 1959 Diätendozent Universität Tübingen
 1962 Abteilungsleiter für Angewandte Physiologie Universität Tübingen
 1965 o. Professor für Physiologie Hannover, Medizinische Hochschule
 1979 Abteilungsleiter für Vegetative Physiologie, Medizinische Hochschule Hannover
- Publikationen: 1. Bartels, H. et al.: Lungenfunktionsprüfungen, Springer, pp. 426 (1959)
 2. Amerikanische Übersetzung: *Methods in pulmonary Physiology*, Hafner Publish. Co. (1963)
 3. Prenatal respiration. Monograph in the serie: *Frontiers of Biology*, North-Holland-Publishing Comp. Amsterdam, 19, pp. 187
 4. Bartels, H. et al.: *Perinatale Atmung*, Springer, pp. 101 (1972)
 5. Japan. Übers.: *Perinatale Atmung*, Springer, pp. 128 (1974)
 ca. 30 Handbuchartikel bzw. Reviews
 ca. 140 Originalarbeiten
- Herausgabe: Longo, L. D. and H. Bartels, Eds.: *Respiratory gas Exchange and blood flow in the placenta – U.S. Governm. DHEW Public. No. (NIH) 73–361*, Bethesda, Md., pp. 570 (1972)
 Bauer, C., G. Gros and H. Bartels, Eds.: *Biophysics and Physiology of Carbon Dioxide*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, pp. 480 (1980)
 Zeitschriften (Herausgeber- bzw. Beratergremium): *Respir. Physiol.* 1966–1972; *Placenta*, *The Lung*, *Zeitschrift für Geburtshilfe und Perinatalogie*

Kommissionen:

- 1973–1981 Fachausschuß für Theoretische Med. Deutsche Forschungsgemeinschaft (Vorsitz)
- 1982 Prüfungsvorsitzender des Schwerpunktprogramms „Grundmechanismen des posttraumatischen progressiven Lungenversagens“
 Schwerpunktprogramme: „Temperaturregulation und -adaption“, „Stoffwechsel unter Extrembedingungen“, „Biologische Grundlagen für die Primatenhaltung“
- Mitglied: Deutsche Physiologische Gesellschaft
 Deutsche Gesellschaft Naturf. Ärzte
 Deutsche Gesellschaft f. Luft- und Raumfahrtmedizin
 Deutsche Gesellschaft für Perinatale Medizin
 Association des Physiologists de la langue française
- 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Hartmann, Thomas, Dr. rer. nat., Professor für Pharmazeutische Biologie an der Technischen Universität Braunschweig, W.-H.-Schultze-Straße 21, 3300 Braunschweig

- geboren: 2.2.1937 in Berlin
 Evang. Aufbaugymnasium Herchen
- 1957 Abitur
- 1957–1964 Universität Bonn
- 1964 Dr. rer. nat.
- 1964–1969 Assistent an der Universität Bonn
- 1964–1965 mit „postdoc.“ Stipendium der Studienstiftung an der University of California, Davies (USA)
- 1969 Habilitation; venia legendi für Botanik
- 1970 Dozent Universität Bonn
- 1971 apl. Professor Universität Bonn
- 1973 H3-Professor Universität Bonn
- 1976 o. Professor für Pharmazeutische Biologie Technische Universität Braunschweig
- Publikationen: Etwa 65 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften aus dem Gebiet Physiologie und Biochemie des pflanzlichen Stickstoff-Stoffwechsels

Winterfeldt, Ekkehard, Dr. rer. nat., o. Professor für Organische Chemie an der Universität Hannover, Sieversdamm 34, 3004 Isernhagen 2

- geboren: 13.5.1932 in Danzig
 Domschule Schleswig
- 1952 Abitur
- 1952 Universität Hamburg
- 1952/53–1958 Technische Hochschule Braunschweig
- 1958 Promotion zum Dr. rer. nat.
- 1959–1970 Technische Universität Berlin

- 1962 Habilitation, Technische Universität Berlin
 1967 apl. Professor an der Technischen Universität Berlin
 1970 o. Professor für Organische Chemie an der Technischen Universität
 Hannover
- Publikationen:** Über 100 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften
 Kap. „Ionic Additions to the Triple Bond“ in „Chapters on the Chemistry of
 Acetylenic Compounds“, herausg. von H. G. Viehe, Verlag Marcel Dekker
 Kap. „Approaches to Camptothecin“ in „Recent Developments in the Che-
 mistry of Natural Carbon Compounds“, Vol. IV, herausg. von der Ungari-
 schen Akademie der Wissenschaften, Budapest 1975
 Workshop Conferences Hoechst, Vol. 7, Excerpta Medica, Amsterdam –
 Oxford 1979 (zusammen mit W. Bartmann)
 Kap. „Stereoselektive Totalsynthese von Indolalkaloiden“ in „Fortschritte der
 Chemie organischer Naturstoffe, Bd. 31, Springer-Verlag Wien, New York
- Kommissionen:** Wiss. Beirat Dtsch. Institut für Kautschuktechnologie
 Wiss. Beirat Freie Akademie Berlin
 Mitglied des Engeren Kuratoriums des Fonds der Chemie
 Hochschulbeirat Hansestadt Bremen
 Fachgutachter Organische Chemie der DFG
 Mitherausgeber Chemische Berichte, Tetrahedron und Tetrahedron Letters
- Mitglied:** Gesellschaft Deutscher Chemiker
 American Chemical Society
 The Chemical Society, England
- 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
- Ehrung:** Dozentenstipendium des Fonds der Chemischen Industrie

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Ehlers, Joachim, Dr. phil., Professor für Mittelalterliche Geschichte an der Technischen Uni-
 versität Braunschweig, Schleinitzstraße 13, 3300 Braunschweig

- geboren: 31.5.1936 in Leipzig
 Gymnasium Oldenburg
- 1957 Abitur
 1957–1964 Universität Hamburg
 1964 Dr. phil.
 1965 Assistent an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main
 1972 Habilitation, Ernennung zum Professor
 1980 Professor an der Technischen Universität Braunschweig
- Publikationen:** Die Wehrverfassung der Stadt Hamburg im 17. und 18. Jahrhundert (Wehr-
 wissenschaftliche Forschungen, Bd. 1), Boppard/Rhein 1966
 Hugo von St. Viktor. Studien zum Geschichtsdenken und zur Geschichtsschrei-
 bung des 12. Jahrhunderts (Frankfurter Historische Abh., Bd. 7)
 Frankreich im Mittelalter. Von der Merowingerzeit bis zum Tode Ludwigs IX.

Literaturbericht 1961 bis 1979 (Historische Zeitschrift, Sonderband 11),
München 1982

19 Aufsätze in Fachzeitschriften, Handbüchern und Sammelwerken

Herausgabe: Die Geschichte und die Wissenschaften im Mittelalter (Wege der Forschung,
Bd. 595), Darmstadt 1983

Mitglied:

1974 Frankfurter Historische Kommission

1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Zu korrespondierenden Mitgliedern wurden am 7. 1. 1983 gewählt

in die Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Kuhn, Hans, Dr. phil., Dr. h. c., o. Professor, Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen, Zur Akelei 21, 3400 Göttingen-Nikolausberg

Kneser, Martin, Dr. rer. nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen, Guldenhagen 5, 3400 Göttingen

in die Klasse für Ingenieurwissenschaften

Wincierz, Peter, Dr.-Ing., Honorarprofessor für Metallkunde an der Technischen Universität Clausthal, Hohenwaldstraße 28, 6374 Steinbach

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Garrigues, Marie-Odile, Dr. phil., Professor, Maître de recherches am Institut des recherches d'histoire et des textes, Paris, Via San Damaso 49, Sc. 2, int. 13, J-00165 Roma

Salvini, Roberto, Dr. phil., o. Professor, Ordinarius für Kunstgeschichte an der Universität Florenz, Via dei Coverelli 2–4, J-50125 Firenze 3

Zeitler, Rudolf, Dr. phil., Professor (em.), Ordinarius für Kunstgeschichte an der Universität Uppsala, Regngatan 16, S-754 31 Uppsala

Burkert, Walter, Dr. phil., o. Professor für klassische Philologie an der Universität Zürich, Wildsbergstraße 8, CH-8610 Uster/Zürich

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 9. 12. 1983 gewählt

in die Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Hopf, Henning, Ph. D., Professor für Organische Chemie an der Technischen Universität Braunschweig, An der Paulikirche 5, 3300 Braunschweig

geboren: 13. 12. 1940 in Wildeshausen/Oldenburg
Schiller-Gymnasium Hameln

- 1960 Abitur
 1960–1963 Universität Göttingen
 1963–1967 University of Wisconsin, U.S.A.
 1967 Promotion (Ph. D.)
 1967–1969 Assistent an der Ruhr-Universität Bochum
 1969–1972 Assistent an der Universität Karlsruhe
 1972 Forschungsaufenthalt an der University of Reading
 1972 Privatdozent und Oberassistent an der Universität Karlsruhe
 1974 Karl-Winnacker-Stipendium
 1975 Wiss. Rat und Professor an der Universität Würzburg
 1978 Gastprofessor an der University of Wisconsin, U.S.A.
 C4-Professor an der Technischen Universität Braunschweig
 1983 Gastprofessor an der University of Oregon, Eugene/U.S.A.
- Publikationen: Ca. 130 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, Monographienserien etc.
 11 Handbuchbeiträge. Übersetzung von 4 Lehrbüchern der Organischen Chemie aus dem Englischen ins Deutsche
- Mitglied:
 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
- Sonstiges: AkademiPreis der Göttinger Akademie der Wissenschaften (1975)
 Förderungspreis aus dem van't Hoff-Fonds der Kgl. Niederländischen Akademie der Wissenschaften (1977)
 Dreyfus Distinguished Scholar Award der Dreyfus Foundation, New York (1983)

Rohdenburg, Heinrich, Dr. rer. nat., o. Professor für Geographie an der Technischen Universität Braunschweig, Brockenblick 8, D-3302 Cremlingen-Destedt

- geboren: 27. 1. 1937 in Stade
 Gymnasium „Athenaeum“ in Stade
- 1956 Abitur
 1956 Universitäten Hamburg, Würzburg, Innsbruck, Göttingen
 1964 Promotion zum Dr. rer. nat.
 1968 Habilitation
 1964 wiss. Mitarbeiter im Institut für Agrikulturchemie und Bodenkunde in Göttingen
 1965 Assistent an der Universität Gießen
 1969 Oberassistent an der Universität Gießen
 1970 Wiss. Rat und Professor an der Universität Gießen
 Mitglied im interdisziplinären Tropeninstitut der Universität Gießen
 1976 o. Professor an der Technischen Hochschule Braunschweig
- Publikationen: Zahlreiche Veröffentlichungen in Fachzeitschriften
 H. Rohdenburg: Geomorphologisch-bodenstratigraphischer Vergleich zwischen dem nordostbrasilianischen Trockengebiet und immerfeucht-tropischen Gebieten Südbasiliens, CATENA Supplement 2, 73–122 (1982)

Mitherausgabe: Chief Editor der internationalen Zeitschrift CATENA An interdisciplinary Journal of Pedology – Hydrology – Geomorphology

Kommissionen: Korresp. Mitglied INQUA – Lößkommission
 Korresp. Mitglied IGU – Kommission on Slopes
 Korresp. Mitglied IGU – Periglacial-Kommission
 Korresp. Mitglied IGU – Commission on Field Experiments in Geomorphology
 Mitglied:
 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Schwink, Christoph, Dr. rer. nat., Professor für Physik an der Technischen Universität Braunschweig, Spitzwegstraße 21, 3300 Braunschweig

geboren: 20.3.1928 in München
 Humanistisches Gymnasium in München
 1946 Abitur
 1947–1952 Universität München
 1952 Dipl.-Physiker
 1955 Dr. rer. nat.
 1955–1962 Assistent Universität München
 1962 Habilitation Universität München
 1963 Privatdozent und Oberassistent Universität München
 1964 Universitätsdozent Universität München
 1966 Wiss. Rat Universität München
 1967 o. Prof. Technische Hochschule Braunschweig
 Publikationen: Ca. 85 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften
 Mitglied:
 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

in die Klasse für Ingenieurwissenschaften

Baehr, Hans Dieter, Dr.-Ing., Professor für Thermodynamik an der Universität Hannover, Max-Eyth-Straße 54, 3000 Hannover 1

geboren: 24.6.1928 in Elbing/Westpreußen
 Staatl. Gymnasium Elbing, Oberschule zum Dom, Lübeck
 1946 Abitur
 1947–1951 Technische Hochschule Karlsruhe
 1953 Promotion zum Dr.-Ing.
 1952–1956 Assistent, Technische Hochschule Karlsruhe
 1956 Habilitation
 1956–1958 Entwicklungsingenieur bei AEG Frankfurt/Main
 1958–1961 o. Professor Technische Universität Berlin
 1961–1967 o. Professor Technische Hochschule Braunschweig
 1967–1974 o. Professor Universität Bochum

- 1974–1981 Professor an der Hochschule der Bundeswehr in Hamburg
 1981 Professor an der Universität Hannover
- Publikationen: Thermodynamik, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1. Aufl. 1962, 5. Aufl. 1981
 Mollier-i, x-Diagramme für feuchte Luft, Springer-Verlag 1961
 Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft, Springer-Verlag 1961
 Physikalische Größen und ihre Einheiten, Bertelsmann Universitätsverlag 1974
 Mehr als 80 Beiträge zu Handbüchern und Aufsätze in Fachzeitschriften über Thermodynamik, Wärmeübertragung und Energietechnik
- Herausgabe: Redakteur des Kapitels „Wärme“ in der 23. Aufl. des Kohlrausch: Praktische Physik, Teubner-Verlag Stuttgart 1984
- Mitglied: 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
- Auszeichnungen: VDI-Ehrenring 1958

Musmann, Hans Georg, Dr.-Ing. habil., o. Professor für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung an der Technischen Universität Hannover, Heckenrosenweg 24, 3320 Salzgitter-Bad

- geboren: 14. 8. 1935 in Wiedelah
- 1955–1967 Nach Abitur Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Braunschweig
- 1962 Dipl.-Ing.
- 1966 Promotion zum Dr.-Ing.
- 1970 Habilitation
- 1963–1970 Assistent, Technische Universität Braunschweig
- 1971–1972 Wiss. Rat und Professor an der Technischen Universität Braunschweig
- 1973 o. Professor an der Technischen Universität Hannover
- Publikationen: 31 Veröffentlichungen in Zeitschriften und Büchern, darunter
 Predictive Image Coding in „Image Transmission Techniques“, ed. by W. K. Pratt, Academic Press, New York 1979
 Digital Coding of Television Signals in „Advances in Digital Image Processing“, ed. by P. Stucki, Plenum Press, New York 1979
 Coding of Colour TV Signals with 34 Mbit/s Transmission Rate in NATO ASI Series, Vol. F 2, Image Sequence Processing and Dynamic Scene Analysis, ed. by T. S. Huang, Springer-Verlag Berlin–Heidelberg 1983
- Herausgabe: Editor for European Contribution of the IEEE Transactions on Communications 1978–1980
- Mitglied: 1981 Akademie der Wissenschaften in Göttingen
 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
- Kommissionen: DFG-Fachausschuß „Nachrichtentechnik“
- Ehrungen: 1971 NTG-Preis

in die Klasse für Bauwissenschaften

Konecny, Gottfried, Dr.-Ing., Professor für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen an der Universität Hannover, Warthweg 22, 3000 Hannover 73

- geboren: 17. 6. 1930 in Troppau, Tschechoslowakei
Oberrealschule Neumarkt/Oberpfalz
- 1950 Abitur
- 1950–1954 Technische Hochschule München
- 1954–1956 Ohio State University USA
- 1955 Master of Science
- 1957 Dipl.-Ing. Technische Universität München
- 1960 Promotion zum Dr.-Ing.
- 1960 Louisiana Polytechnic Institute, USA
- 1962–1965 Associate Professor, University of New Brunswick, Canada
- 1966–1971 Professor and Head, Dept. of Surveying Engineering, University of New Brunswick, Canada
- 1971 Professor, Direktor des Instituts für Photogrammetrie und Ingenieurvermessung, Universität Hannover
- 1971 Adjunct Professor, Universität of New Brunswick, Canada
- Publikationen: Mehr als 100 Veröffentlichungen und Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Kongreßberichten
Buch: G. Konecny / G. Lehmann: „Photogrammetrie“, Lehrbuch, 4. völlig neu bearbeitete Auflage von G. Konecny, Walter de Gruyter Verlag, Berlin 1983
- Mitglied:
- 1978 Earl J. Fennell Award, American Congress of Surveying and Mapping
- 1978 Ehrenmitglied, Argentinische Gesellschaft für Photogrammetrie
- 1981 Ehrenmitglied, Brasilianische Gesellschaft für Kartographie
- 1983 Ehrenmitglied, Spanische Gesellschaft für Photogrammetrie
- 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Rostásy, Ferdinand, Dr.-Ing., Professor am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, Nietzschestraße 26, 3300 Braunschweig

- geboren: 4. 5. 1932 in Wien
Gymnasium in Judenberg
- 1950 Abitur
- 1950–1954 Technische Hochschule Stuttgart
- 1958 Promotion
- 1975 Habilitation
- 1955–1959 Wiss. Assistent
- 1959–1961 Entwicklungsingenieur in den U.S.A.
- 1961–1968 Bauindustrie
- 1968–1976 Abteilungsleiter Otto-Graf-Institut Stuttgart
- 1976 o. Prof. Technische Universität Braunschweig

- Publikationen:** Zahlreiche Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften
- Mitglied:** Sachverständigenausschüsse „Spannstähle“, „Spannverfahren“ und „Pfahlkupplungen“ des Instituts für Bautechnik
 FIP (Fédération International de la Précontrainte)
 CEB (Comité Euro-International du Béton)
 IVBH (Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau)
 ACI (American Concrete Inst.)
 RILEM (Réunion Internat. des Laboratoire d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions)
 Mehrere DIN-Normenausschüsse
 VDI
- 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Wierig, Hans-Joachim, Dr.-Ing., o. Professor für Baustoffkunde an der Technischen Universität Hannover, Hindenburgallee 31, 3007 Gehrden

- geboren:** 22. 6. 1927 in Berlin
- 1946 Abitur
- 1948–1953 Technische Hochschule Braunschweig, ETH Zürich
- 1955–1959 Assistent/Oberingenieur Technische Universität Braunschweig
- 1958 Promotion zum Dr.-Ing.
- 1959–1975 Industrietätigkeit
- 1972 Habilitation
- 1975 o. Professor Technische Universität Hannover
- Publikationen:** Carbonatisierung des Schwerbetons
 Zur Theorie und Technologie des grünen Betons
 Das Verhalten von Betonwaren und Stahlbetonfestigkeiten im Feuer
 Über die Wasserdampfdurchlässigkeit und die Widerstandsfähigkeit in Außenputzen gegen Schlagregen
 Verfahren zur Prüfung der Konsistenz von Frischmörtel und Frischbeton
- Kommissionen:** Deutscher Ausschuß für Stahlbeton
 RILEM
- Mitglied:**
- 1983 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Zu korrespondierenden Mitgliedern wurden am 9. 12. 1983 gewählt

in die Klasse für Bauwissenschaften

Müller, Leopold, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorarprofessor an der Universität Salzburg, A-5020 Salzburg, Paracelsusstraße 2

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Elbern, Viktor H., Dr. phil., Honorarprofessor, Direktor i. R. der Frühchristlich-Byzantinischen

Sammlungen der Staatlichen Museen Preußischer Kulturbesitz, Berlin, Ilsesteinweg 32, 1000 Berlin 38

Rosen, Stanley, Dr. phil., Professor der Philosophie an der Pennsylvania State University/USA, 1256 South Garner Street, State College, Pennsylvania 16801

Tsujimura, Koichi, Dr. phil., Professor, Direktor des Philosophischen Seminars der Kaiserlichen Universität Kyoto/Japan, J-606 Kyoto, Sakyoku, Kamitakano, Higashida-cho 12

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h. c., Dr.-Ing. E. h., Hon.-Professor der Universität Mainz und Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil., h. c., Dr.-Ing. h. c., Dr. sc., Dr.-Ing. E. h., o. Professor em. für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E. h., o. Professor em. für Theor. Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller*, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h. c., Dr. h. c., Evan-Pugh Res. Prof., Pennsylvania State University, Physics Dept., University Park, Pennsylvania, USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing. E. h., Professor in Münster (Westf.).
- 1954 *Max Strutt*, Dr. techn., Dr.-Ing. E. h., o. Professor und Direktor des Instituts für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., o. Professor em. für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr. phil., o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., zuletzt o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N. Y.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., o. Professor em. für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann*, Dr. sc. nat. habil., o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Kármán* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. rer. nat. h. c., LL. D., Professor, California Institute of Technology Pasadena (Calif.).
- 1961 *Kurt Paul Klöppel*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1962 *Walter Schottky* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. rer. nat. h. c., o. Professor em. für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.
- 1963 *Gottfried Köthe*, Dr. phil., o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., o. Professor und Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.

- 1965 *Albert Betz †*, Dipl.-Ing., Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. Sc. techn. H. C., o. Professor em. und vormals Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.
- 1966 *Wilhelm Becker*, Dr. phil., o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel.
- 1967 *Henry Görtler*, Dr. phil.habil., LL. D. h. c. emer. Professor der Mathematik und vormals Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Albert-Ludwig-Universität Freiburg i. Br., Vizepräsident und vormals Präsident der Internationalen Union für Theoretische und Angewandte Mechanik (IUTAM).
- 1968 *Egon Orowan*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- 1969 *E. Arne Bjerhammer*, Tekn. D. Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm.
- 1970 *Elie Carafoli †*, Dr. rer. nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik, Lehrstuhlleiter an dem Polytechnischen Institut Bukarest, Direktor des Instituts de Mécanique des Fluides „Traian Vuia“ in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger*, Dr. rer. techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen, Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsç †*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., em. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann*, Dr. techn., Ph. D., Sc. D., Dr. h. c., o. Prof., Vorstand des Instituts für Anorganische und Allgemeine Chemie der Techn. Universität Wien.
- 1974 *Friedrich Tamms †*, Dipl.-Ing. Prof. Dr. h. c., Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i. R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill*, Lucasian Professor B. A., F. R. S., der Mathematik an der Universität Cambridge/England.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser*, Dr. phil., o. Prof. für Geophysik, Department of Earth and Planetary Sciences, The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland 21218/USA.
- 1977 *Helmut Moritz*, Dr. techn., Dr. h. c., o. Professor, Institut für Erdmessung und Physikalische Geodäsie an der Technischen Hochschule Graz, Steyrergasse 17, A-8010 Graz.
- 1977 *László Fejes Tóth*, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Reáltanoda U. 13–15, Budapest V/Ungarn.

- 1978 *Ulrich Grigull*, Dr.-Ing., o. Prof. für Thermodynamik an der Technischen Universität München, Arcisstraße 2, 8000 München
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt*, Dr. phil., Prof. (em.) für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen, Wilhelmstraße 56, 7400 Tübingen
- 1980 *Hans Kuhn*, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., Professor, Mitglied des Kollegiums des Max-Planck-Institutes für Biophysikalische Chemie (Leiter der Abteilung „Molekularer Systemaufbau“), Am Faßberg, 3400 Göttingen-Nikolausberg
- 1981 *Martin Kneser*, Dr. rer. nat., o. Prof. der Mathematik an der Universität Göttingen, Guldengasse 5, 3400 Göttingen.
- 1982 *Walter Burkert*, Dr. phil., o. Prof. für Klassische Philologie an der Universität Zürich, Wildbergstraße 8, CH-8610 Uster/Zürich.
- 1983 *Müller, Leopold*, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorar-Professor an der Universität Salzburg (Felsbaumechanik), Paracelsusstraße 2, A-5020 Salzburg/Österreich

Mitgliederverzeichnis

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Fallersleber-Tor-Wall 16, 3300 Braunschweig

Telefon: (05 31) 3 91–45 96

Präsident: Prof. Dr. rer. techn. Karl Heinrich Olsen
(bis 31.12.1986)

Generalsekretär: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Kanold
(bis 31.12.1985)

Geschäftsstelle: Frau Ilsabe Schulte-Lüer (allg. Geschäftsverkehr)
Frau Hannelore Haubold (Haushalt)

Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. Egon Richter (bis 31.12.1984)

Ordentliche Mitglieder:

- Bartels, Heinz (21.10.1920), Dr. med., Prof. (Vegetative Physiologie, Medizinische Hochschule Hannover), Meitnerstraße 4, 3000 Hannover 61
- Becker, Gerhard (21.12.1916), Dr. rer. nat., Dr.-Ing. h.c., Ltd. Dir. u. Prof. i.R. (Physik, PTB Braunschweig), Dießelhorststraße 32, 3300 Braunschweig
- Bogen, Hans Joachim (19.11.1912), Dr. rer. nat., Prof. em. (Botanik, TU Braunschweig), Wendentorwall 15B, 3300 Braunschweig
- Brehler, Bruno (25.12.1922), Dr. rer. nat., Prof. (Mineralogie und Kristallographie, TU Clausthal), Am Turmhof 6, 3393 Clausthal-Zellerfeld
- Cario, Günther (3.8.1897), Dr. phil., Prof. em. (Physik, TU Braunschweig), Braunlager Straße 9, 3300 Braunschweig
- Cramer, Friedrich (20.9.1923), Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Organische Chemie, MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen), Hermann-Rein-Straße 3, 3400 Göttingen
- Dieminger, Walter (7.7.1907), Dr. rer. nat., Prof. (Aeronomie, MPI für Aeronomie Lindau), Berliner Straße 14, 3412 Nörten-Hardenberg 1
- Grützmaker, Martin (10.11.1901), Dr. phil. habil., Ltd. Dir. a.D. und Honorar-Prof. (Akustik, PTB Braunschweig), Sulzbacher Straße 36, 3300 Braunschweig
- Gundermann, Karl-Dietrich (20.2.1922), Dr. rer. nat., Prof. (Organ. Chemie, TU Clausthal), Birckenbachstraße 2, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Hartmann, Hellmut (20.2.1895), Dr.-Ing., Prof. em. (Anorganische Chemie, TU Braunschweig), Stadeweg 1, 3300 Braunschweig

- Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr. rer. nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 3300 Braunschweig
- Haul, Robert (31.5.1912), Dr.-Ing. habil., Prof. em. (Physikalische Chemie, Universität Hannover), Schellingstraße 5, 3000 Hannover 61
- Henze, Ernst (17.8.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Wichernstraße 39, 3340 Wolfenbüttel
- Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr. rer. nat., Prof. (Geographie, Universität Göttingen), Nelkenstraße 10, 3410 Northeim-Hillerse
- Hopf, Henning (13.12.1940), Dr. phil., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), An der Paulikirche 5, 3300 Braunschweig
- Inhoffen, Hans Herloff (19.3.1906), Dr. phil., Dr. med. h.c., Prof. em. (Organische Chemie, TU Braunschweig), August-Lämmle-Weg 4, 7250 Leonberg
- Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr. rer. nat. habil., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Güldenstraße 41, 3300 Braunschweig
- Kersten, Martin (28.4.1906), Dr.-Ing., Honorar-Prof. u. Präs. i.R. (Physik, PTB Braunschweig), Am Hohen Tore 4 A, 3300 Braunschweig
- Kertz, Walter (29.2.1924), Dr. rer. nat., Prof. (Geophysik und Meteorologie, TU Braunschweig), Pestalozzistraße 2, 3300 Braunschweig
- Keßler, Franz Rudolf (11.8.1927), Dr. phil., Prof. (Physik, TU Braunschweig), Am Walde 42, 3300 Braunschweig
- Kowalsky, Hans-Joachim (16.7.1921), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 20, 3340 Wolfenbüttel
- Kroepelin, Hans (28.12.1901), Dr. phil., Prof. em. (Chemische Technologie, TU Braunschweig), Hermann-Riegel-Straße 12, 3300 Braunschweig
- Maaß, Günter (7.1.1934), Dr. rer. nat., Prof. (Biophysikalische Chemie, Med. Hochschule Hannover), Im Eichholz 27, 3000 Hannover 51
- Müller, Georg (1.10.1930), Dr. rer. nat., Prof. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Müller, Hans Robert (26.10.1911), Dr. phil., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 49, 3340 Wolfenbüttel
- Pilger, Andreas (19.12.1910), Dr. phil. habil., Prof. em. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 125, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Poser, Hans (13.3.1907), Dr. phil., Prof. em. (Geographie, Universität Göttingen), Ernst-Curtius-Weg 5, 3400 Göttingen
- Rehage, Günther (4.4.1920), Dr. rer. nat., Prof. (Physikalische Chemie, TU Clausthal), Einersberger Blick 17, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Richter, Egon (24.3.1928), Dr. rer. nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Sommerlust 33, 3300 Braunschweig
- Röhrs, Manfred (22.9.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, Universität Hannover), Im Dorffeld 43, 3005 Hemmingen
- Rohdenburg, Heinrich (27.1.1937), Dr. rer. nat., Prof. (Physische Geographie und Landschaftsökologie, TU Braunschweig), Brockenblick 8, 3302 Cremlingen-Destedt

- Rosenbach, Otto (25.9.1914), Dr.-Ing., Prof. em. (Geophysik, TU Clausthal), Hopfengarten 40, 3388 Bad Harzburg 1
- Schottlaender, Stefan (15.1.1928), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückauf-Weg 8, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Schumann, Hilmar (8.11.1902), Dr. phil. habil., Prof. em. (Mineralogie, TU Braunschweig), Eitelbrodstraße 3 a, 3300 Braunschweig
- Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 3300 Braunschweig
- Steudel, Andreas (17.2.1925), Dr. rer. nat., Prof. (Experimental-Physik, Universität Hannover), Hahnensteg 41 C, 3000 Hannover 91
- Tietz, Horst (11.3.1921), Dr. phil., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Rödinger Straße 31, 3008 Garbsen
- Wannagat, Ulrich (31.5.1923), Dr. rer. nat., Dr. techn. h.c., Prof. (Anorganische Chemie, TU Braunschweig), Antoinettenweg 9, 3340 Wolfenbüttel
- Welling, Herbert (1.9.1929), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Nogatweg 13, 3004 Isernhagen
- Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr. rer. nat., Prof. (Organische Chemie, Universität Hannover), Sieversdamm 34, 3004 Isernhagen 2
- Zinner, Gerwalt (30.9.1924), Dr. phil., Prof. (Pharm. Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 3300 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Becker, Wilhelm, Dr. phil., Dr. h.c. mult., Prof. (Astronomie), Venusstraße 7, CH-4102 Binningen ü. Basel/Schweiz
- Cailleux, André-Paul, Dr. h.c., Prof. (Geologie u. Phys. Geographie), 9. Avenue de la Trémouille, 94100 Saint-Maur-des-Fosses/Frankreich
- Elsasser, Walter M., Dr. phil., Prof. (Physik), Department of Earth and Planetary Sciences, The Hopkins University Baltimore, Maryland 21218/USA
- Engelhardt, Wolf, Freiherr von, Dr. phil., Prof. em. (Mineralogie und Petrographie), Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Tübingen, Wilhelmstraße 56, 7400 Tübingen 1
- Gutmann, Viktor, Dr. techn. Ph. D., Sc., Dr. h.c., Prof. (Chemie), Getreidemarkt 9, A-1060 Wien/Österreich, Techn. Hochschule Wien, Institut für Anorganische Chemie
- Kaluza, Theodor, Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik), Nötelweg 4, 3000 Hannover 91
- Kippenhahn, Rudolf, Dr. rer. nat., Dir. u. Prof. (Astrophysik), Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für Astrophysik, Forschungsgelände, 8046 Garching
- Kneser, Martin, Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik), Guldenhagen 5, 3400 Göttingen
- Köthe, Gottfried, Dr. phil., Dr. h.c. mult., Prof. em. (Mathematik), Parkstraße 14, 6000 Frankfurt 1
- Kreutzkamp, Norbert, Dr. phil., Prof. (Pharm. Chemie), Laufgraben 28, 2000 Hamburg 13, Universität Hamburg

- Kuhn, Hans, Dr. phil., Prof. (Biophysikalische Chemie), Max-Planck-Institut für biophys. Chemie Göttingen, Zur Akelei 21, 3400 Göttingen-Nikolausberg
- Lochte-Holtgreven, Walter, Dr. phil. habil., Prof. (Physik), Olshausenstraße 40–60, 2300 Kiel, Neue Universität
- Mensching, Horst, Dr. rer. nat., Prof. (Geographie), Bundesstraße 55, 2000 Hamburg 13, Institut für Geographie der Universität Hamburg
- Schaller, Friedrich, Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie), Dr.-Karl-Lueger-Ring 1A, A-1010 Wien/Österreich
- Schmitz, Rudolf, Dr. phil., Prof. (Geschichte und Pharmazie), Philipps-Universität, Fhr.-vom-Stein-Straße 2, 6349 Mittenaar-Bicken
- Schumacher, Hans J., Dr. phil., Dr. h.c., Prof. (Phys. Chemie), Universidad Nacional de la Plata, Instituto de Investigaciones Fisicoquimicas, Sucursal 4 – Cas. de Corres 16 – La Plata/Argentinien
- Tóth, Laszló Fejes, Dr., Prof. (Mathematik), Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences Reáltanoda U. 13–15, Budapest V., Ungarn
- Unsöld, Albrecht, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. rer. nat., D. Sc. h.c. (Theoretische Physik u. Astronomie), Olshausenstraße, 2300 Kiel, Neue Universität, Haus 13
- Voronkov, Michael Gregor, Dr. rer. nat., Dr. h.c., Dir. u. Prof. (Chemie), 1 Favorsky Street, 664033 Irkutsk/UdSSR, Siberian Division of the Academy of Sciences of the USSR, Inst. of Organic Chemistry

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Rudolf Jeschar (bis 31.12.1987)

Ordentliche Mitglieder:

- Baehr, Hans Dieter (24.6.1928), Dr.-Ing., Prof. (Thermodynamik, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße 54, 3000 Hannover
- Bammert, Karl (13.2.1908), Dr.-Ing., Prof. em. (Strömungsmechanik, Universität Hannover), Alleestraße 3, 3000 Hannover 1
- Batel, Wilhelm (3.11.1922), Dr.-Ing., Prof. u. Dir. (Verfahrenstechnik, FAL Braunschweig), Peter-Joseph-Krahe-Straße 8, 3300 Braunschweig
- Blenk, Hermann (9.12.1901), Dr. phil., Prof. em. (Flugmechanik, TU Braunschweig), Margaretenhöhe 32, 3300 Braunschweig
- Dizioglu, Bekir (13.12.1920), Dr.-Ing., Prof. (Getriebelehre und Maschinendynamik, TU Braunschweig), Marienbergsweg 36, 3340 Wolfenbüttel
- Erdmann-Jesnitzer, Friedrich (3.5.1912), Dr.-Ing., Dr. ir. h.c., Prof. em. (Werkstoffkunde, Universität Hannover), Grevenbleck 12, 3005 Hemmingen 1
- Funke, Paul (5.2.1930), Dr.-Ing., Prof. (Werkstoffumformung, TU Clausthal), Schulstraße 15, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Groth, Klaus (8.12.1923), Dr.-Ing., Prof. (Kolbenmaschinen, Universität Hannover), Holzwiesen 4, 3005 Hemmingen-Westerfeld
- Hennicke, Hans Walter (22.1.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Keramik und Email, TU Clausthal), Am Turmhof 9, 3392 Clausthal-Zellerfeld

- Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing., Prof. (Energieanlagentechnik, TU Clausthal), Agricolastraße 4, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Justi, Eduard (30.5.1904), Dr. phil. habil., Prof. (Technische Physik, TU Braunschweig), Am Rübenberg 8, 3300 Braunschweig
- Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Honorar-Prof. u. Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (Hochspannungstechnik), Knappstraße 4, 3300 Braunschweig
- Koeßler, Paul (19.6.1896), Dr.-Ing., Prof. em. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Bauhofstraße 38, 8221 Inzell
- Lautz, Günter (15.11.1923), Dr. rer. nat., Prof. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 3340 Wolfenbüttel
- Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Prof. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 32, 3340 Wolfenbüttel
- Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing., Prof. (Mechanik, Universität Hannover), Eißendorfer Winkel 9, 2100 Hamburg 90
- Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Prof. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 3300 Braunschweig
- Mitschke, Manfred (5.5.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Alter Rautheimer Weg 38, 3300 Braunschweig
- Musmann, Hans Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 3320 Salzgitter-Bad
- Pahlitzsch, Gotthold (19.4.1903), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU Braunschweig), Hermann-Riegel-Straße 15, 3300 Braunschweig
- Pestel, Eduard (29.5.1914), Dr.-Ing., D. Eng. h.c., Prof. (Mechanik, Universität Hannover), Alte Herrenhäuser Straße 10, 3000 Hannover
- Rögener, Heinz (20.9.1913), Dr. phil., Prof. em. (Thermodynamik, Universität Hannover), Callinstraße 36, 3000 Hannover
- Ruge, Jürgen (14.5.1921), Dr.-Ing., Prof. (Schweißtechnik und Werkstofftechnologie, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 18, 3300 Braunschweig
- Rummel, Theodor (30.5.1910), Dr.-Ing. habil., Prof. (Elektrowärme, Universität Hannover), Leerbichl-Allee 20, 8022 Grünwald
- Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Liegnitzer Straße 22, 3340 Wolfenbüttel
- Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Prof. (Regelungstechnik, Universität Hannover), Westermannweg 7, 3000 Hannover 21
- Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Prof. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 3300 Braunschweig
- Wassermann, Günter (19.9.1902), Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Metallkunde u. Metallphysik, TU Clausthal), Am Silbersegen 8, 3392 Clausthal-Zellerfeld
- Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 20, 3300 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Bosnjaković, Fran, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Dr. h.c., Prof. em. (Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt), Umgelterweg 17D, 7000 Stuttgart 1
- Bosch, Firmin-Maurits, Dr. ir., Prof. u. Dir. (Chemie), Laboratorium voor Anorg. Techn. Chemie, Zwijnaarde/Belgien, Ketelpoort 5, B-9000 Gent/Belgien
- Busemann, Adolf, Dr.-Ing., Dr. rer. nat. E.h., Prof. em. (Aerodynamik), 970 Lincoln Place, Boulder/Colorado 80302/USA
- Gersten, Klaus, Dr.-Ing., Prof. (Thermo- u. Fluidodynamik), Buscheystraße 1C, 4630 Bochum-Querenburg, Ruhr-Universität
- Görtler, Henry, Dr. phil. habil., LL. D. h.c., Prof. em. (Angewandte Mathematik), Sonnhalde 90, 7800 Freiburg
- Grigull, Ulrich, Dr.-Ing., Prof. (Maschinenbau), Präsident der Technischen Universität München, Arcisstraße 2, 8000 München 2, TU
- Hausen, Helmuth, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Thermodynamik u. Verfahrenstechnik), Wohnstift Augustinum Taunus, Appt. 443, Sodener Waldweg 2, 6232 Bad Soden II
- Illies, Kurt, Dr.-Ing., Prof. em. (Schiffsmaschinen), Babendiekstraße 20, 2000 Hamburg 55
- Kröner, Ekkehart, Dr. rer. nat., Prof. (Theoretische Physik), Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57 VI, 7000 Stuttgart 80
- Krüger, Gerhard, Dr.-Ing., Prof. (Wirtschaftswissenschaften), Südl. Hildapromenade 9, 7500 Karlsruhe 1
- Lighthill, F.R.S., Sir Michael James, Lucasian Prof. (Mathematik), Universität Cambridge/England
- Mayinger, Franz (2.9.1931), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik), Lehrstuhl A für Thermodynamik der TU München, Arcisstraße 21, 8000 München 2
- Schlitt, Herbert, Dr. phil. nat., Prof. (Regelungstechnik), Egerlandstraße 5, 8520 Erlangen, Universität Erlangen-Nürnberg
- Strutt, M.J.O., Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Höhere Elektrotechnik), Krähbühlstraße 79, CH-8044 Zürich/Schweiz
- Truckenbrodt, Erich, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Strömungsmechanik), Arcisstraße 21, 8000 München 2, TU
- Wincierz, Peter, Dr.-Ing., Honorar-Prof. (Metallkunde), TU Clausthal, Hohenwaldstraße 29, 6374 Steinbach/Taunus

Klasse für Bauwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Justus Herrenberger (bis 31.12.1986)

Ordentliche Mitglieder:

- Billib, Herbert (21.10.1904), Dr.-Ing., Dr. nat. techn. h.c., Prof. em. (Wasserwirtschaft, Hydrologie, Landwirtschaftl. Wasserbau, Universität Hannover), Franzensbaderhof 9, 3000 Hannover 71

- Buchwald, Konrad (16. 2. 1914), Dr. phil. nat. habil., Prof. (Landespflege, Universität Hannover), Große Heide 3, 3000 Hannover 51
- Duddeck, Heinz (14. 5. 1928), Dr.-Ing., Prof. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 3300 Braunschweig
- Esslinger, Maria (4. 3. 1913), Dr.-Ing., Prof. (Statik), Bussardweg 2, 3300 Braunschweig
- Garbrecht, Günther (10. 1. 1925), Dr.-Ing., Dr. sc. h.c., Prof. (Wasserbau, Wasserwirtschaft u. Kulturtechnik, TU Braunschweig), 3171 Diddlese, Nordstraße 17
- Gerke, Karl (10. 8. 1904), Dr.-Ing., Prof. em. (Geodäsie, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 19, 3300 Braunschweig
- Grabe, Walter (24. 10. 1921), Dr.-Ing., Honorar-Prof. (Universität Hannover) u. Dir. (Öffentl. Personennahverkehr), Hamburger Verkehrsverbund, Altstädter Straße 6, 2000 Hamburg 1
- Habekost, Heinrich (21. 2. 1911), Dipl.-Ing., Prof. em. (Städtebau, Straßenbau, Tiefbau, TU Braunschweig), Im Gettelhagen 7, 3300 Braunschweig
- Hake, Günter (27. 5. 1922), Dr.-Ing., Prof. (Topographie u. Kartographie, Universität Hannover), Börie 58, 3005 Hemmingen 1
- Henn, Walter (20. 12. 1912), Dr.-Ing., Dr. techn. h.c., Prof. em. (Baukonstruktionen und Industriebau, TU Braunschweig), Petritorwall 20, 3300 Braunschweig
- Herrenberger, Justus (27. 5. 1920), Dr.-Ing., Prof. (Baukonstruktion, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 3300 Braunschweig
- Hoeltje, Georg (16. 3. 1906), Dr. phil., Prof. em. (Bau- und Kunstgeschichte, Universität Hannover), Alte Herrenhäuser Straße 11 c, 3000 Hannover 21
- Höpcke, Walter (19. 8. 1908), Dr.-Ing., Prof. em. (Allgemeine Vermessungskunde, Universität Hannover), Gerdingstraße 2 A, 3000 Hannover 72
- Hofmann, Wilhelm (6. 7. 1910), Dr.-Ing., Prof. em. (Baukonstruktion und Entwerfen, Universität Hannover), Franziusweg 23 A, 3000 Hannover
- Konecny, Gottfried (17. 6. 1930), Dr.-Ing., Prof. (Photogrammetrie u. Ingenieurvermessungen, Universität Hannover), Wartheweg 22, 3000 Hannover 73
- Kordina, Karl (7. 8. 1919), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Stahlbeton- und Massivbau, TU Braunschweig), Im Heidekamp 13, 3300 Braunschweig
- Kracke, Rolf (11. 5. 1932), Dr.-Ing., Prof. (Verkehrs- und Eisenbahnwesen, Universität Hannover), Franziusweg 13, 3000 Hannover 1
- Lehmann, Gerhard (25. 10. 1907), Dr.-Ing. habil., Prof. em. (Photogrammetrie, Geodäsie, Universität Hannover), Eilenriedestift Appt. 314, Bevenser Weg 10, 3000 Hannover 61
- Mecke, Wilhelm (12. 8. 1907), Dr.-Ing., Prof. em. (Straßenwesen und Erdbau, TU Braunschweig), Pascheburg-Ring 13, 3410 Northeim 1
- Möller, Dietrich (18. 12. 1927), Dr.-Ing., Prof. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Steinkamp 6, 3306 Lehre
- Partenscky, Hans-Werner (3. 4. 1926), Dr.-Ing., Dr. phys., Prof. (Verkehrswasserbau u. Küsteningenieurwesen, Universität Hannover), Wiehbergstraße 20, 3000 Hannover 81

- Pflüger, Alf (17.7.1912), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Statik, Universität Hannover), Bonatzweg 7, 3000 Hannover 71
- Pieper, Klaus (27.5.1913), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Statik, TU Braunschweig), Ginsterweg 13, 3300 Braunschweig
- Pierick, Klaus (19.2.1928), Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen u. Verkehrssicherung, TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 3300 Braunschweig
- Renard, Walter (12.5.1904), Dipl.-Ing., Prof. em. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover), Westermannweg 20, 3000 Hannover-Herrenhausen
- Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschesstraße 26, 3300 Braunschweig
- Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Prof. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 3000 Hannover 73
- Spengelin, Friedrich (29.3.1925), Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Universität Hannover), Habichtshorst 12, 3000 Hannover
- Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Prof. (Baumechanik, Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 3004 Isernhagen 2 (NB)
- Torge, Wolfgang (4.6.1931), Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Universität Hannover), Mönchekamp 4 A, 3000 Hannover 91
- Wierig, Hans-Joachim (22.6.1927), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffkunde, Universität Hannover), Hindenburgallee 31, 3007 Gehrden
- Wortmann, Wilhelm (15.3.1897), Dipl.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Stadt- und Regionalplanung, Universität Hannover), Morgensternweg 10, 3000 Hannover 21

Korrespondierende Mitglieder:

- Bjerhammer, Arne, Tekn. Dr.-Ing., Prof. (Geodäsie), Kungl. Tekniska Högskolan, Royal Institute of Technology, Fack 10044, Stockholm 70/Schweden
- Kistenmacher, Hans, Dr. rer. pol., Prof. (Landesplanung und Raumforschung), Universität Kaiserslautern, Pfaffenbergstraße 95, 6750 Kaiserslautern
- Kraemer, Friedrich-Wilhelm, Dr.-Ing., Prof. em. (Architektur), Am Römerturm 3, 5000 Köln 1
- Klöppel, Kurt, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Statik und Stahlbau), Technische Hochschule Darmstadt, Alexanderstraße 7, 6100 Darmstadt
- Moritz, Helmut, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Erdmessung und physikalische Geodäsie), Technische Universität Graz, Steyrergasse 17, A-8010 Granz/Österreich
- Müller, Leopold, Dr. techn., Dr. mont. h.c., Prof. (Felsmechanik), Universität Karlsruhe, Paracelsusstraße 2, A-5020 Salzburg/Österreich
- Triebel, Wolfgang, Dr.-Ing., Honorar-Prof. (Bauforschung), Max-Eyth-Straße 48, 3000 Hannover
- Wolf, Helmut, Dr.-Ing., Dr. sc. techn. h.c., Dr. phil. h.c., Dr. h.c., Prof. (Geodäsie), Am Sonnenhang 10, 5300 Bonn-Ippendorf
- Zerna, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Konstruktiver Ingenieurbau), Ruhr-Universität Bochum, Buscheystraße IC 4/54, 4630 Bochum-Querenburg

Klasse für Geisteswissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr. phil. Martin Gosebruch (bis 31.12.1985)

Ordentliche Mitglieder:

- Beuermann, Arnold (13.1.1924), Dr. phil., Prof. (Geographie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 15, 3300 Braunschweig
- Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr. phil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Theaterwall 18, 3300 Braunschweig
- Ehlers, Joachim (31.5.1936), Dr. phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, TU Braunschweig), Halberstadtstraße 82, 3300 Braunschweig
- Gosebruch, Martin (20.6.1919), Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte, TU Braunschweig), Gieselerwall 4, 3300 Braunschweig
- Henne, Helmut (5.4.1936), Dr. phil., Prof. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Hermann-Korb-Straße 66, 3340 Wolfenbüttel
- Kamp, Norbert (24.8.1927), Dr. phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte; Präsident der Universität Göttingen), Leipziger Straße 236B, 3300 Braunschweig
- Killy Walther (26.8.1917), Dr. phil., Prof. (Deutsche Literaturwissenschaften, Ernst-August-Bibliothek Wolfenbüttel), Adenauerweg 13, 3340 Wolfenbüttel-Ahlum
- König, Joseph (24.9.1915), Dr. phil., Archivdirektor a. D. (Geschichte), Paracelsusstraße 24, 3340 Wolfenbüttel
- Lohse, Eduard (19.2.1924), D. theol., Honorar-Prof. (Göttingen), Landesbischof (Theologie), Haarstraße 6, 3000 Hannover 1
- Maurach, Gregor (3.3.1932), Dr. phil., Prof. (Lateinische Philologie, TU Braunschweig), Geysstraße 7, 3300 Braunschweig
- Mohr, Hans-Heinrich (1.6.1917), Dr. rer. pol. (Versicherungswissenschaften), Am Bürgerpark 4a, 3300 Braunschweig
- Niquet, Franz (7.6.1910), Dr. phil., Oberarchäologe i. R. (Deutsche Archäologie), Am Roten Amte 13, 3340 Wolfenbüttel
- Oberbeck, Gerhard (5.10.1925), Dr. rer. nat., Prof. (Geographie u. Wirtschaftsgeographie, Universität Hamburg), Ginsterweg 4, 2081 Ellerbek
- Olsen, Karl Heinrich (20.12.1908), Dr. rer. techn. habil., apl. Prof. entpfl., Ltd. Dir. i. R. (Agrarpolitik, Landwirtschaftliche Betriebslehre, Wirtschaftsgeographie), Saarstraße 3, 3300 Braunschweig
- Pöls, Werner (15.3.1926), Dr. phil., Prof. (Geschichte, TU Braunschweig), Herzogin-Elisabeth-Straße 6, 3300 Braunschweig
- Reuther, Hans (21.11.1920), Dr.-Ing., Dr. phil., Prof. (Architekturgeschichte, TU Berlin), Am Schäferhof 22, 3510 Hann. Münden 1
- Rosen, Edgar R. (18.6.1911), Dr. phil., Prof. em. (Politikwissenschaft, TU Braunschweig), Jasperallee 7, 3300 Braunschweig
- Schillemeit, Jost (18.2.1931), Dr. phil., Prof. (Deutsche Literaturwissenschaft, TU Braunschweig), Friedensallee 48, 3300 Braunschweig
- Wilhelm, Herbert (8.6.1922), Dr. oec., Prof. (Volkswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Hirschbergstraße 16, 3300 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Burkert, Walter, Dr. phil., Prof. (Klassische Philologie), Universität Zürich, Wildsbergstraße 8, CH-8610 Uster/Zürich (Schweiz)
- Dörig, José, Dr. phil., Prof. (Archäologie, Universität Genf), 12, chemin des Manons, CH-1218 Grand Saconnex, Genf/Schweiz
- Elbern, Victor H., Dr. phil., Honorar-Prof., Freie Univ. Berlin (Kunstgeschichte), Ilsesteinweg 42, 1000 Berlin 38
- Garrigues, Marie-Odile, Dr. phil., Prof. (Philosophie und Theologie), Via S. Damaso 49, J-00165 Rom/Italien
- Goetting, Hans, Dr. phil., Prof. em. (Historische Hilfswissenschaften, Universität Göttingen), Waitzweg 7, 3400 Göttingen
- Niemeier, Georg, Dr. phil., Prof. em. (Geographie), Mondorfstraße 16, 6350 Bad Nauheim
- Raupach, Hans, Dr. jur. habil., Prof. em. (Soziologie), Groffstraße 20, 8000 München 19
- Rosen, Stanley, Dr. phil., Prof. (Philosophie), Pennsylvania State University, 1256 South Garner Street, State College, Pennsylvania 16801/USA
- Salvini, Roberto, Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte), Universität Florenz, Via de Coverelli 2-4, J-50125 Florenz/Italien
- Schnath, Georg, Dr. phil., Prof. em. (Nieders. Landesgeschichte), Wiesenstraße 16, 3000 Hannover
- Tsujimura, Koichi, Dr. phil., Prof. (Philosophie), Kaiserliche Universität Kyoto, Sakyoku, Kamitakano, Higashida-cho 12, J-606 Kyoto/Japan
- Voppel, Götz, Dr. rer. pol., Dipl.-Volkswirt (Wirtschafts- und Sozialgeographie), Wirtschafts- und Sozialgeographisches Institut der Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 5000 Köln 41
- Zeitler, Rudolf, Dr. phil., Prof. em. (Kunstgeschichte), Universität Uppsala, Regngatan 16, S-75431 Uppsala/Schweden

